

ICT 표준화전략맵

Ver.2022 **종합보고서 ④**

SOC 디지털화 Part. 1



스마트공장

A graphic consisting of several concentric circles of varying shades of gray, creating a tunnel-like effect. A thin white line extends from the center of the circles towards the top right, pointing towards the '스마트공장' text.

**ICT
Standardization
Strategy**

02 _ 스마트공장

I	표준화 개요	89
1.1.	기술 개요	89
1.2.	표준화 비전 및 기대효과	90
1.3.	중점 표준화 항목	95
II	국내외 현황분석	103
2.1.	연도별 주요 현황 및 이슈	103
2.2.	정책 현황 및 전망	104
2.3.	기술개발 현황 및 전망	108
2.4.	IPR 현황 및 전망	122
2.5.	표준화 현황 및 전망	132
2.6.	오픈소스 현황 및 전망	155
III	국내외 표준화 추진전략	158
3.1.	표준화 SWOT 분석	158
3.2.	중점 표준화 항목별 국내외 추진전략	159
3.3.	오픈소스 국내외 추진전략	184
3.4.	중장기(5개년) 표준화 계획	185
	[작성위원]	187
	[참고문헌]	188
	[약어]	191

I. 표준화 개요

1.1. 기술 개요

스마트공장은 제조의 모든 단계가 자동화·지능화되어 소비자의 요구를 실시간으로 반영한 제품을 빠르고 효율적으로 생산할 수 있는 지능적이고 유연한 공장



< 스마트공장 기술 개요도 >

1.2. 표준화 비전 및 기대효과

○ 표준화 비전



○ 비전 및 목표

- 추진전략

- 코로나19로 인한 제조업의 붕괴로 인해 표준 개발의 시급성이 떨어지고 있으나, 제조업은 국가 경제의 매우 중요한 분야이기 때문에 포스트코로나 시대의 글로벌 경쟁력 향상을 위한 사실표준 개발 및 국제 표준화 추진이 매우 중요. 특히, 코로나19와 같은 위기 사회복력(Resilience) 확보가 필수 요구사항이 됨에 따라 생산全过程의 무인화와 원재료의 안정적 조달을 위한 디지털 혁신이 핵심 경쟁력으로 부각. 제조업의 비즈니스 모델이 제조업체 주도의 가치사슬 모델에서 플랫폼 사업자가 주도하는 플랫폼 모델로 전환될 것으로 예상됨에 따라 표준 개발을 통해 국내 관련 산업의 경쟁력 강화를 위해 지속/확산공약으로 선정

< 표준화 목표 >

구분	주요내용
~ 2022년	<ul style="list-style-type: none"> - (Smart APS 시스템 표준) APS 표준을 활용한 제품화 연계 추진 · APS 표준화가 완성단계에 이르고, 제품화된 APS가 본격 적용 - (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 제조 분야의 디지털 트윈(Digital Twin framework for manufacturing) 표준 기술 확보 추진 · 제조 현장에 CPS/디지털 트윈 기술 적용에 따른 개념 모델, 기능 참조구조, 모델링, 정보교환 등에 대한 표준화 진행 중 - (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 스마트공장에서 발생하는 데이터를 공장 내에서 관리 및 처리하기 위한 데이터 모델 및 서비스 요구사항 표준화 추진 · 스마트공장을 위한 on-site 엣지 요구사항 정의 - (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 다품종 소량 생산의 유연 생산 실현을 위한 제조 플랫폼 기술 표준 개발 추진 · 다품종 제품의 유연 생산을 지원하는 플랫폼 참조 모델 표준화 진행 중 - (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 스마트공장 IoT 아키텍처 표준 공통 모델링 고정 및 가변 속성 정의 추진 · IIoT 디바이스와 네트워크 입출력 구조 표준기술 추진을 위하여 공통으로 적용할 수 있는 통신별 타입, 디바이스 타입, ID, Name, 수집주기 등을 모델링하고 고정 속성으로 정의 · IIoT 디바이스와 네트워크 입출력 구조 표준기술 추진을 위하여 공통으로 적용할 수 있는 센서의 태그값을 Key, Value, Type(string, byte, number...) 등을 모델링하고 가변 속성으로 정의 - (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 급격하게 증가하는 국제 환경 규제에 따른 환경 저감 제조 설비 표준 추진 · 환경 오염 유발 설비 중심의 환경 저감 운용 표준 정의 - (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) AR/VR 기술을 활용한 제품 정보 제공 및 상호작용 인터페이스에 대한 표준화 추진 · AR/VR 모델 공유, 원격 협업을 위한 AR/VR 모델과 기기와의 상호연동, 상호작용 정의 및 명세 등에 대한 표준화 진행 중 - (5G를 적용한 스마트공장 표준) URLLC, TSN연동 등 5G의 스마트공장 표준의 상용화 추진 및 국내 진행 완료/진행 중인 실증 사업에서 취합된 스마트공장에서의 관련 요구사항을 반영한 5G 스마트공장 지원 표준 개발 추진 · 3GPP Rel.16의 표준화 작업 완료에 따라 스마트공장 지원을 위한 5G 기술에 대한 준비 진행 중 · 3GPP Rel.17의 표준 작업 진행과 Rel.18에 대한 표준 안건 논의 진행 중이며 5G의 산업적용에 대한 표준화 집중 진행 중 - (스마트공장 KPI 분석 표준) 정량화된 생산성과지표에 대한 표준개발을 통한 스마트공장의 효율적인 운영이 가능한 기반 마련 · 제조기업 내에서 발생하는 품질불량, 기계고장, 고객 불만 등의 비가치 창출과정을 최소화 및

구분	주요내용
	<p>제거하기 위한 정량화된 생산성과지표에 대한 표준 개발 필요</p> <ul style="list-style-type: none"> - (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) AI 기반 스마트공장 요구사항에 대한 표준 추진 · ITU-T에서 진행 중인 AI 기반 스마트공장 요구사항을 참조하고, 국내 환경을 파악하여 핵심 표준을 발굴하고 실제 표준화 적용 범위를 정의하고, 각 항목에 대해 표준화 진행 - (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 3D 프린팅 출력 서비스에 대한 표준 완료 추진 · 상위 개념적인 레벨에서 정의된 3D 서비스 프린팅 표준에 대한 구체적인 서비스 시나리오별 요구사항 도출 - (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 사설 5G 기반의 스마트공장을 구축하기 위한 구축 모델별 보안 요구사항 정의 · 3GPP의 사설 5G 요구사항 및 시스템 구조 표준을 기반으로 사설 5G 기반의 스마트공장을 구축하기 위한 구축 모델별 보안 특징을 분석하고, 각 구축 모델별 보안 요구사항 표준화 추진
~ 2024년	<ul style="list-style-type: none"> - (Smart APS 시스템 표준) 클라우드 및 실데이터 적용 추진 · 대형 클라우드 솔루션에 APS가 탑재되고, 실제 적용 데이터와 개선 사항이 표준화에 유입 - (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 디지털 트윈 기반 CPPS에서 활용하는 제조·생산 데이터의 표현 및 교환 방법에 관한 표준 기술 확보 추진 · CPPS에서 활용하는 데이터의 품질(완전성, 일관성, 정확성 등)을 확보하기 위한 표준화 진행 중 - (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 스마트공장의 설비 및 다양한 장치에서 발생하는 데이터의 규격을 정의하고 상호연동을 가능하게 하는 규격 표준화 추진 · 공장에서 발생하는 데이터 규격 및 다양한 프로토콜을 위한 상호연동 규격 정의 - (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 도메인에 따른 산업적 특성이 반영된 분업화된 생산 프로세스 지원 무공장 제조 플랫폼 표준 개발 추진 · 생산 공정별 서비스화를 통한 무공장 제조 프로세스 및 플랫폼 연동 표준 요구사항 정의 - (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 이더넷 기반 스마트공장 IoT 아키텍처 통신 정의 및 통신방식 표준화 추진 · IIoT 디바이스와 네트워크 프로토콜 표준화를 위하여 이더넷 기반 표준통신(OPC, Modbus, Mqtt, CoAP, Socket, PLC Driver 등)을 정의 · 이더넷 기반 통신에 대한 통신 방식, 수집주기, 수집형태 등을 정의하여 통신방식 표준 개발 - (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 환경 저감을 지원하는 지능형 센서와 스마트공장 환경 저감 설비 참조 모델 표준 개발 추진 · 환경 저감 설비를 지원하는 지능형 센서와 설비 디바이스 연동 기술과 표준 요구사항 정의 - (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 확장현실 기반 작업자 원격지원 및 상호작용을 지원할 수 있는 기술표준 추진 · 확장현실 기반 협업 및 원격지원 플랫폼 및 상호연동 규격 정의 - (5G를 적용한 스마트공장 표준) 5G의 산업 적용 표준이 3GPP에서 지속적으로 개선될 예정으로, 국내 5G의 산업 적용을 기반으로 현장에서의 문제 해결 기술 위주의 표준화 반영 추진 · 3GPP Rel.17을 통해 스마트공장 현장 문제 해결 기술 표준 개발 - (스마트공장 KPI 분석 표준) 각 단계 사이의 상호연동을 측정하기 위한 지표개발을 통하여 국내 스마트공장 KPI 표준분야에서 지속적인 주도권 확보 추진 · 제품개발 전주기를 대상으로 각 단계별 효율성을 측정하기 위한 지표개발과 가치사슬 각 단계 사이의 상호연동을 측정하기 위한 지표개발 필요 - (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) AI 기반 스마트공장 요구사항에 따른 하위 기술 표준 추진 · AI 기반 스마트공장 요구사항 표준에 대한 개요를 발전시켜 실제 각 하위 기술에 항목을 정의하고 실제 현장 상황과 국제 동향을 고려하여 최종 표준화 항목 범위를 정의하고, 각 항목에 대해 표준화를 진행하면서 국제 표준과의 협력 추진 - (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 실제 산업 적용 분야에 따른 3D 프린팅 출력 서비스에 대한 표준 및 파일포맷 개발 · 특정 산업 분야에 적절한 서비스 시나리오에 대한 상세 서비스 표준 플랫폼 개발 및 신규 서비스에 따른 메타데이터 파일 포맷 개발 - (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 사설 5G 기반의 스마트공장 보안모델 및 참조구조 정의 · 사설 5G 기반 스마트공장의 취약점 분석을 통해 보안위협에 대응하기 위한 표준 보안모델 및 보안 참조구조에 대한 표준화 추진

구분	주요내용
~ 2026년	<ul style="list-style-type: none"> - (Smart APS 시스템 표준) 타제조 응용과의 통합 및 유연화 기반의 차기 표준화 추진 · APS와 MES, ERP, SCM 등 모든 제조 응용이 유연하게 통합되고 관련 표준화가 진행 - (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) MR 개념을 활용한 디지털 트윈 제조 환경 요구사항에 관한 표준 기술 확보 추진 · 실제 작업 환경을 가상현실에 구현하여 더욱더 정확한 시뮬레이션을 가능하게 하는 MR을 활용한 디지털 트윈 환경 요구사항에 관한 표준화 진행 중 - (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 스마트공장에서 필요한 인공지능 기능을 정의하고 서비스화하기 위한 엣지 시스템 표준 추진 · 다양한 설비 및 센서에 인공지능 기능을 부여하기 위한 산업용 엣지 시스템 규격 정의 - (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 서비스 기반 제조의 단계별 정보 데이터 교환 및 빅데이터 활용한 유연생산 지원 무공장 플랫폼 표준 추진 · 서비스별로 세분화된 제조 데이터의 통합 관리를 통한 자율적 생산 계획 지원 플랫폼 정의 - (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 기간계 시스템과의 인터페이스 방법 및 인터페이스 예외방안 표준화 추진 · 기간 시스템(MES, ERP 등)과 스마트공장을 위한 IIoT 인터페이스 모델 표준화 추진 방안으로 데이터 구조(Json, xml, rfc 등)와 통신표준(Rest API, JDBC, SAP-Jco 등)을 정의 · 기간 시스템(MES, ERP 등)과의 인터페이스 예외방안으로 네트워크 단절/지연 등으로 인한 데이터 수집 표준 개발 - (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 친환경 제조를 지원하기 위한 스마트 공장 환경 저감 설비 운용 표준 개발 추진 · 스마트공장의 지속가능한 제조를 위한 ESG(환경/사회/지배구조) 프레임워크 기반 표준 정의 - (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 스마트공장에서 5G 및 확장현실을 적용한 홀로그래픽 기반 원격 협업지원 및 상호작용 기술표준화 추진 · 홀로그래픽 기반 협업지원 플랫폼 표준화 추진 및 5G와 확장현실 연동 표준 정의 - (5G를 적용한 스마트공장 표준) 6G에 대한 표준화 진행 상황에 맞춰 5G에서의 산업 적용 경험을 바탕으로 6G 기반 스마트공장 지원 표준 아이템 발굴 추진 · 6G의 특성을 고려한 스마트공장 서비스 분류 정의 및 유즈케이스 표준 개발 - (스마트공장 KPI 분석 표준) 스마트공장 KPI 관련 서비스 발굴과 국제표준 협력 추진을 통하여 국내 스마트공장 기술 글로벌 사업화 기회 확대 및 국제경쟁력 제고 추진 · 기 구축한 스마트공장 KPI의 고도화와 국내 각 산업별 스마트공장 KPI에 대한 특징적인 부분에 대한 표준화를 추진 - (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) AI 기반 스마트공장 표준 확대 및 국제 표준화 추진 · 국내 실정에 맞는 AI 기반 스마트공장 표준을 확대 정의하고, 이를 국제 표준화 기관과의 협력을 통해 국제 표준으로 확대 적용 - (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 다양한 프린팅 방법 및 재질에 범용적인 3D 프린팅 출력 서비스 및 파일포맷 개발 · 3D프린팅 출력 서비스 분야에 적절한 범용서비스 시나리오에 대한 표준 플랫폼 개발 및 신규 서비스에 따른 메타데이터 파일 포맷 개발

○ 표준화 기대효과

- 국제표준 경쟁력 강화 측면
 - 스마트공장을 주도하고 있는 독일, 미국 등의 선도국가는 다국적 기업, 대학 및 연구기관 간 협력으로 시범공장구축과 표준화를 추진하고 있어 표준을 선점할 경우 관련 IPR 확보로 국가 산업 경쟁력 확보에 활용될 수 있으므로 스마트공장의 기술표준개발과 국제표준화 활동에 적극 참여가 필요
 - 국제무역 의존도가 높은 우리나라의 상황을 고려해 정부가 추진하고 있는 스마트공장 보급 및 확산 정책과 함께 국제 표준화 선점 활동을 동시에 추진함으로써 새로운 국제 시장을 개척하고 선점하는 등의 중요한 수단으로 활용이 가능
- 중소기업 경쟁력 강화 측면
 - 중소기업의 스마트제조혁신을 위해 공장 내외부의 다양한 기기 및 사물들의 연결성을 높이고 제조 데이터 수집·분석·활용이 가능한 빅데이터/CPS/AI 등의 신기술 적용을 지원하는 데이터 표준화 및 업무 표준화를 추진
 - 스마트공장 솔루션 공급 기업은 표준화된 솔루션 보급을 통해 개발 비용 절감 및 솔루션의 품질 향상을 기대할 수 있으며, 수요기업은 솔루션 도입 비용 절감 및 운용 인력의 전문성 확보가 가능
 - 스마트공장 KPI와 MES, 빅데이터 등 생산관리 시스템과의 연계를 통하여, 현재 구축하고 있는 스마트공장 운영에 대한 효과성의 투명한 가시화 작업이 가능하며, 향후, 공급기술에 대한 활용성 및 유지보수에 대한 표준화 추진 가능
- 국민행복·안전보장 측면
 - 제조 산업은 타 산업과의 연계성이 매우 높은 산업분야로써 투자, 생산성, 노동비용 등 제조업의 근본적인 문제점을 해결하여 국가경쟁력의 동력인 제조업의 부활 및 창조적 아이디어를 가진 국민들의 새로운 서비스 창출과 창업을 통한 제조시장 확대가 가능
 - 스마트공장 관련 장비, 디바이스, 플랫폼, 솔루션 등의 표준화를 통해 양질의 인력 양성 및 경쟁력 있는 일자리 창출이 가능하며, 공장 내의 작업자가 위험한 상황에 처하지 않는 작업 환경 구축이 가능
 - 모든 비즈니스와 기술의 중심에는 사람이 있으며(People Centric), 표준화를 통해 디지털화된 프로세스와 데이터 중심의 생산체계를 구축하도록 함으로써, 사람을 중심으로 시스템과 기술을 도입하며 궁극적으로는 스마트공장에 시간확보와 경제성을 부여하여 국민 행복에 기여

1.3. 중점 표준화 항목

○ 표준화 항목 중분류 범위의 설정

- 스마트공장은 크게 OT기술의 영역인 생산 환경과 IT기술의 영역인 운영 환경으로 나뉨. 생산 환경의 영역은 제품을 생산하기 위한 제조 시스템 기술, 제조시스템을 모니터링하고 제어·관리하기 위한 운영시스템 기술, 3D 프린팅 및 보안기술로 구분할 수 있으며, 운영 환경의 영역은 제품 기획부터 생산, 판매 및 유지보수까지에 제품 라이프사이클 전주기 지원 서비스 기술이 필요. 본 표준화전략맵에서의 중분류의 범위는 스마트공장을 구성하는 필수 기술 단위를 중심으로 하여 OT와 IT의 영역에 사용되는 플랫폼, OT와 IT를 연결하기 위한 연동, 스마트공장을 위한 서비스, 3D 프린팅, 스마트공장 데이터 보안으로 구분

< 스마트공장 Ver.2022 표준화항목 >

표준화 항목	표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
플랫폼	Smart APS 시스템 표준 스마트공장을 위한 APS(Advanced Planning &Scheduling) 시스템의 기능과 데이터 표준을 정의 - APS 시스템의 표준 입출력 데이터 - APS 시스템의 표준 기능 구성 - 기간 시스템(MES, ERP) 등과 APS 시스템과의 인터페이스 모델	ISA 95, ITU-T SG20	③	○
	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준 디지털 트윈 기반 CPPS(Cyber-Physical Production System)를 구축하기 위한 규격을 정의 - 디지털 트윈 기반 스마트 공장의 참조모델, 정보교환, 유즈케이스 등 정의 - CPPS에서 활용하는 제조·생산 관련 데이터의 표현 및 교환 방법 정의 - 디지털트윈 구현을 위한 물입형 미디어 요구사항 및 서비스 시나리오 정의	JTC1 SC29, IEC SyC SM	②	○
	스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준 스마트공장의 다양한 설비 및 센서에 인공지능 기능을 부여하기 위한 산업용 엣지 시스템 표준 - 스마트 공장을 위한 on-site 엣지 요구사항 정의 - 설비 데이터 연동 규격 정의	ETSI MEC, 3GPP SA2/SA6, ITU-T SG11	⑤	○
	스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준 무공장 제조를 지원하는 유연생산 플랫폼 참조 모델을 정의 - 고객 맞춤형 다품종 소량생산 지원 유연생산체계 구축 모델 - 공장 없는 제조기업의 가치사슬 통합 플랫폼 참조 모델	NIST, ISA 95, ASME MBE SC	③	○
	스마트공장을 위한 IIoT 아키텍처 표준 스마트공장을 위한 IIoT(Industrial IoT) 아키텍처의 구조와 프로토콜 표준을 정의 - IIoT의 표준 입출력 구조 - IIoT의 표준 프로토콜 정의 - 기간 시스템(MES, ERP) 등과 스마트공장을 위한 IIoT 인터페이스 모델	ITU-T SG11, ISA 95	②	○

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
	CPS/IIoT 기반의 스마트공장 참조 아키텍처 표준	IT 기반의 정보시스템과 OT 기반의 실제 제조현장, 그리고 클라우드 기술(CT)의 통합을 위한 수직/수평/상호운용 통합 아키텍처 모델의 정의 - 스마트공장을 위한 국가별 참조 아키텍처와 특징 정의 - 스마트공장을 위한 IT와 OT간 네트워킹 및 공존을 위한 표준	NIST(SME/F-CPS), MIIT/SAC (IMSA), IVI(IVRA), IIC(IIRA), VDI/VDE GMA 7.20, OASIS (MQTT/AMQP)	③	X
	제조설비 자가 재구성 표준	자동 재구성을 위한 제조 설비 간 정보 교환 참조 모델 정의 - 재구성에 따른 자율 관리 - OPC-UA 기반 자율네트워킹	ISO TC108	③	X
	제조 시뮬레이션 명세 표준	제조 시뮬레이션 및 데이터 포맷 규격 정의 - 시뮬레이션을 위한 객체 모델 정의 - 상호연동을 위한 적합성	SISO C2SIM PDG	④	X
	스마트공장 에너지 모델 표준	스마트공장의 에너지 효율을 최적화하기 위한 공정 설비 및 운영환경에 대한 에너지 수요모델 및 응용 기술 - 스마트공장에서의 에너지 KPI 정의 - 에너지 수요 모델 정의 - 에너지 효율 최적화 시나리오 정의	ISO TC301	③	X
	제품 자동설계 및 검증 표준	데이터 기반의 제품 자동(최적) 설계 및 정확도 검증을 위한 모델 정의 - 자동설계가 가능한 모델(제품군) 정의 - 제품 자동설계를 위한 모델별 파라미터 정의 - 정확도 검증을 위한 비교항목 정의	SISO, IEEE 1730	⑥	X
연동	스마트공장 환경저감 설비 운영 표준	스마트공장의 환경저감을 위한 설비 시스템 구축 및 운영 표준 정의 - 스마트공장 환경 감지 모니터링 설비 및 디바이스 규격 - 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준 개발	ISO TC207, ASTM E60.13	⑤	O
	이종 공정 스마트공장 정보서비스 연동 표준	공정 특성(연속/이산/프로젝트 등)에 따라 생성되는 정보서비스와 이종 공정간 연동을 지원하는 스마트공장 정보서비스 연동 기술 규격을 정의 - 제품 생산 방식과 규모에 따라 결정되는 공정(연속/이산/프로젝트)에 대한 정보 표현 기술 - 이종 공정 스마트공장에서 발생하는 공정 데이터를 활용하는 데이터 중심의 정보서비스 간 연동 기술	ISA 95, MESA, ISO TC8	⑤	X
	스마트공장 연동 모델 표준	스마트공장 수직적/수평적/상호운영성 통합 모델 및 데이터 규격 맵핑 - RAMI4.0분석 및 일치 항목 데이터 규격 맵핑 - RAMI4.0모델 누락 항목 처리 방법	IEC SyC SM, Platform Industrie 4.0	③	X

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
서비스	AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준	원격 및 확장현실 환경에서 스마트공장작업자에게 제품 생산에 필요한 최적의 정보를 효과적으로 제공할 수 있는 AR/VR기반 협업 및 상호작용 지원 기술 - 효과적인 업무 지원할 수 있는 지시 태깅, AR/VR 모델 공유 - 상호작용 정의 및 명세, 원격 협업을 위한 통신 및 AR/VR 모델과 기기와의 상호연동 - AR/VR 정보모델, 제품정보 가시화 및 상호작용 정의 및 명세	Khronos Group OpenXR, JTC1 SC24, IEC SyC SM	③	O
	5G를 적용한 스마트공장 표준	스마트공장에 5G를 적용한 서비스를 정의 - 5G의 특성을 고려한 서비스 분류 - 서비스 분류에 따른 유즈케이스 정의 - 공장 내 타 통신 방식과의 연동 표준	3GPP SA1/RAN1, ISO TC299	②	O
	스마트공장 KPI 분석 표준	스마트공장 도입기업의 효율성과 공급기술을 평가할 수 있는 표준 지표를 정의 - 각 제조업의 도메인 특성을 반영한 Key Performance Index 도출 - 도메인별/업종별/기업 규모별 KPI 평가 할 수 있는 매트릭 정의 - 스마트공장 공급기술의 수준을 평가할 수 있는 KPI 도출	ISO TC154/TC176/TC286	②	O
	AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	스마트공장에서 수집되는 빅데이터에 대해 AI 기술로 분석하고, 분석결과를 작업장, 조립라인, 설비, 제조공정 등에 적용하여 효율성을 극대화하기 위한 항목에 대한 요구사항 표준을 정의 - 설비 예측 유지보수를 위한 요구사항 표준 - 조립 라인 관리를 위한 요구사항 표준 - AI 분석 기반 결함을 진단하기 위한 설비의 상태 정보 표준 - 제조공정 최적화를 위한 공정 모델링 방법 표준 - 설비 이상 징후 검출을 위한 데이터 통합 인터페이스 표준 - 작업장 관리에 필요한 요구사항 표준 - 경영관리 결정에 필요한 데이터 표준	ITU-T SG16	②	O
3D 프린팅	3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	3D 프린팅에 사용되는 디지털 파일의 3D 외형, 재질 등의 정보 및 프린팅 플랫폼을 위한 표준 - 프린팅 재질, 프린팅 크기 등의 물리적인 출력 정보를 포함하는 3D 프린팅 적층제조 전용 파일포맷 표준 - 3D 모델링 데이터의 출력 서비스를 위한 메타데이터 및 플랫폼 관련 표준 - 메디컬 프린팅을 위한 CT 영상에 대한 메타데이터 포맷 - 3D 프린팅의 정의, 구성요소(사용자, 디자이너 및 창작소) 및 유즈케이스 등을 정의 - 3D 프린팅 서비스의 요구사항, 프레임워크 및 계층별 기능 정의	JTC1 WG12, ISO TC261, OMA CD	④	O
	3D 프린팅 제조공정, 품질 및 안전관리 표준	3D 프린팅을 통한 제조 과정에서 품질 및 생산성에 관련된 데이터에 대한 표준 정의 - 3D 프린팅 방식별(FDM, DLP, SLS, SLA 등) 필요 제조 공정간 필수 파라미터 수집 방법 정의 - 방식별 지정 파라미터에 관한 공정 평가 방법 - 3D 프린팅 장비, 소재, 출력물의 품질 측정 방법 및 안정성 관련 항목 - 3D 프린팅의 결과물 품질 신뢰성을 위한 3D 프린팅 공정 표준	JTC1 WG12, ISO TC261, ASTM F42	①	X

표준화 항목		표준화 내용	Target SDOs	표준화 특성	중점 항목
	3D 프린팅/스캐닝 개념 및 용어 표준	3D 프린팅에 대한 기본 용어를 정의하고, 응용분야 및 공정에 대한 개념을 정립하는 표준 - 3D 프린팅과 스캐닝에 관련된 데이터, 공정 관련 용어의 정의 - 3D 프린팅과 스캐닝에 관련된 공정 개념, 응용 분야 및 사용 사례	JTC1 WG12	①	X
보안	사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준	사설(Private or Non-public network) 5G 기반의 스마트공장을 구축하기 위한 보안 규격을 정의 - 사설 5G 스마트공장 구축 모델 보안 특징 정의 - 사설 5G 스마트공장 구축 모델별 보안 요구사항 정의	ITU-T SG17, 3GPP SA3	②	O
	무결점 공정을 위한 블록체인 표준	스마트공장에서의 공정 메커니즘 및 공정 작업에서 발생하는 데이터에 대한 보안성 제공을 위한 표준 - 무결점 공정을 위한 블록체인 기반의 추적 가능한 공정 데이터 관리 시스템 - 블록체인 기반 스마트 콘트랙트를 활용한 공정 오류/변조 탐지	ISO TC307, ITU-T SG17/SG20, IEEE 2144/2418.7	③	X
	스마트공장 기기 상호 보안인증기술 표준	스마트공장 내 기기의 상호인증을 위한 시스템 요구사항과 프로파일 규격을 정의 - 기기 상호 보안인증 시스템 요구사항 - 기기 인증서 프로파일 정의	ISA 99	②	X
	스마트공장 정보보호 인증 기준 표준	스마트공장 정보보호 역량 확보를 위한 단계적 인증기준 마련 - 스마트공장 정보보호 프레임워크 수립 - 스마트공장 보안등급 기준 마련 - 스마트공장 보안등급별 인증기준 마련 - 스마트공장 분야별 인증기준 마련	JTC1 SC27, ISA 99	③	X
	스마트제조 공급망 보안 관리 기준 표준	스마트제조 공급망의 소프트웨어 및 하드웨어 등 써드파티 위험평가 및 정보보안 관리 기준 마련 - 스마트제조 공급망 위험평가 관리 기준 - 스마트제조 공급망 정보보안 관리 기준	JTC1 SC27, ISA 99	③	X
	스마트공장 정보보호 프레임워크 표준	RAMI 4.0, Industries 4.0, IEC 62443, ISA 99, NIST SP 800-82 ICS Security 등을 기반으로 스마트공장 보안 프레임워크 정의 - 스마트공장 보안위협 유형 정의 - 스마트공장 보안 요구사항	JTC1 SC27, ISA 99	③	X

< 표준화 특성 >

- ① : 개념, 정의 표준 ② : 유즈케이스, 요구사항 표준 ③ : 기능 도출, 참조구조 표준
 ④ : 데이터포맷, 스키마 표준 ⑤ : 프로토콜, 인터페이스 표준 ⑥ : 시험, 가이드라인 표준

- (중점 표준화 항목 선정 이유) 표준화전략맵 스마트공장 분과에서는 기존 제조 산업을 ICT기술을 바탕으로 지능형 제조 산업으로 변화 시킬 수 있는 가능성이 높은 기술 중 산업적 파급효과 및 선제적 대응 가능성이 있는 항목 위주로 중점 표준화 항목을 선정
- (Smart APS 시스템 표준) APS는 제조 계획과 실행을 위한 전통적인 생산 운영의 중심 시스템이지만, 수년간 진행된 스마트공장 보급 사업을 통한 설비/공정의 인공지능화와 누적된 제조 빅데이터와 기존 APS 시스템과의 인터페이스를 포함한 새로운 표준화 이슈가 활발히 생겨나고 있어 중점 표준화 항목으로 선정
- (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 스마트 공장에 구축된 스마트 장비들의 방대한 데이터를 기반으로 제조 공정 과정을 디지털 공간에 복제한 후 다양한 상황을 시뮬레이션하거나 실제 객체를 제어함으로써 효율적인 의사결정, 제품 및 생산시스템의 개선 등을 실현하는 등 기술의 중요성을 고려하여 중점 표준화 항목으로 선정
- (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 엣지 시스템은 공장의 생산 현장에 설치되어 있는 생산설비 및 제품생산과정에서 발생하는 데이터를 인공지능과 같은 기술을 활용하여 고신뢰성을 가진 다양한 초저지연 서비스를 가능하게 하는 기술. ETSI, ITU-T, 3GPP, IETF 등에서 표준화를 추진하고 있으며, 생산라인 소구간을 디지털 기술로 업그레이드하기 위해 시급히 도입이 요구되는 표준임을 감안하여 중점 표준화 항목으로 선정
- (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 수요자 요구에 대한 빠른 대응과 다품종 소량 생산의 스마트제조를 지원하기 위해 자체 완결적 생산방식에서 가치사슬 최적 구성을 활용하는 무공장 제조 방식의 확산과 중요성이 강조되고 있어 중점 표준화 항목으로 선정
- (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 스마트공장 기초, 중간 단계인 장비의 실시간 데이터 수집과 기간제 시스템과의 I/F에 대한 IoT 표준이 정립되어 있지 않기 때문에 스마트공장 구축을 수행하는 공급기업 자원(인력, 기술, 수행경험)과 수요기업에 근무하고 있는 자원(인력, 기술)의 수준에 따라 시스템의 안정성이 결정되기 때문에 시스템의 안정성, 신뢰성 측면에서 표준화가 필요하므로 중점 표준화 항목으로 선정
- (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 글로벌 환경 규제 강화 및 친환경 기술 도입 요구가 급속하게 진행됨에 따라 제조산업의 친환경 설비 및 환경 관리 시스템 도입을 위한 스마트공장의 환경 저감 설비 및 디바이스 규격에 대한 정의와 표준화된 운영 정책 추진을 위해 중점 표준화 항목으로 선정
- (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 확장현실 환경에서 스마트공장 작업자에게 제품 생산에 필요한 최적의 정보를 효과적으로 제공할 수 있는 AR/VR기반 협업 및 상호작용 지원 기술이 메타버스 기술과 접목되고 있음. 스마트공장 내외에서 작업자에게 효과적으로 작업 및 협업을 도와줄 수 있는 대표적인 기술로 AR/VR이 주목을 받고 있고, 현장이

아닌 원격에서도 실시간으로 다양한 작업을 지원할 수 있는 협업이 큰 이슈로 부각되고 있음. 국내에서는 콘텐츠 중심의 AR/VR 기술에 대한 표준이 논의되고 있지만 스마트공장 내외에서 작업자 원격 협업 지원에 관한 표준은 정립되어 있지 않으므로, 스마트공장에서 작업자를 효과적으로 지원할 수 있는 협업기술의 중요성을 감안하여 중점 표준화 항목으로 선정

- (5G를 적용한 스마트공장 표준) 5G는 다양한 산업을 지원하기 위해 개발되었으며, 스마트공장에서 생산 효율성 향상을 위한 수단으로 주목 받음. 생산 현장 모니터링에 활용될 mMTC 관련 기술, AR/VR 및 영상/음성 데이터 전송에 사용될 eMBB 그리고 실시간 제어에 사용되는 URLLC로 구성된 5G 기술은 무선 기술에서의 가상물리 시스템의 지원과 NEF(Network Exposure Function)를 이용한 공장 내 생산 시스템과의 연동을 지원하여 공장 내 통신의 품질 지원 무선 통신과 공장 내 시스템 간 연동을 지원. 최근에는 5G 특화망 정책 발표에 따라 공장에서의 5G 적용에 대한 기대감 증대. NR-U 표준의 완료와 함께 국내 6GHz 대역의 NR-U 적용 가능하도록 규정되면서 다양한 방식의 5G 공장 적용 가능. 공장 내 통신에서의 5G의 중요성을 감안하여 중점 표준화 항목으로 선정
- (스마트공장 KPI 분석 표준) 스마트공장의 경우, 다양한 자원(자재, 에너지, 인력, 기술 등)이 투입되어 원하는 제품과 스크랩, 폐기술과 같은 부산물이 만들어지는 과정으로 이와 같이 복잡한 제조과정을 측정할 수 있는 지표와 다양한 산업과 공정을 고려한 스마트공장 KPI가 필요하며, 향후, 스마트공장 KPI를 활용하는 스마트공장 도입 기업에 표준화된 가이드를 제공하기 위해서는 스마트공장 KPI의 중요성을 감안하여 중점 표준화 항목으로 선정
- (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) 최근 하드웨어의 발달과 가격 하락, 5G 통신의 발달, 센서 기기의 보편화 등으로 인해 현장에서 발생한 수많은 데이터를 축적할 수 있는 환경이 조성되었으나, 이 수많은 데이터를 사람이 일일이 확인하기에는 시간과 물량, 정확도 측면에서 어려움이 존재. 최근 AI 기술의 급격한 발달로 특정조건과 분야에서 사람 이상의 정확도를 보장할 수 있는 기술이 나오면서 현장 데이터를 활용한 정확한 분석과 빠른 판단이 가능하게 됨. 이에 기존 스마트공장에서 수집된 정보를 작업장, 조립라인, 설비, 제조공정 등에 적용하여 비용을 절감하고 효율을 극대화하는 시도가 진행되고 있으며, 이에 ITU-T에서도 SG16에서 이 내용을 점검하고 다루고 있으므로 AI의 국제적인 흐름에 발맞추어 나가는 측면에서 중점 표준화 항목으로 선정
- (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 다양한 프린터 제조사 및 프린팅 방식과 다양한 프린팅 재료에 따른 프린팅 파일의 해석 방식의 상이성을 극복하고 상호호환성을 지원하기 위한 표준화된 3D 프린팅 파일포맷이 필요하며, 사용자에게 제공되는 출력 서비스의 경우 3D 프린팅 서비스의 사용자, 디자이너 및 창작소 간 원활한 서비스 제공을 목적으로 3D 프린팅 서비스 플랫폼을 정의하고, 관련된 유스케이스, 요구사항, 프레임워크 및 계층별 기능을 식별할 필요가 있으므로 중점 표준화 항목으로 선정
- (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 전통적인 가입자 중심의 이동통신서비스(B2C)와 달리, 스마트공장의 산업별·기업별 환경에 특화된 이동통신서비스(B2B)를 제공하기 위해

사설(Private 또는 Non-public network) 5G 기반의 스마트공장 서비스 도입이 불가피하며, 정부에서도 5G 특화망 도입 정책을 발표한 바 있음. 또한, 산업 도메인용 5G 설계를 위한 글로벌 포럼인 5G-ACIA에서는 사설 5G 구축 모델을 발표한 바 있음. 안전한 사설 5G 기반 스마트공장의 도입 및 활성화를 위한 보안 규격의 중요성 및 필요성을 고려하여 중점 표준화 항목으로 선정

○ 추진경과

- Ver.2020(2019년)에서는 스마트공장에 우선적용이 가능한 분야의 표준화를 선행적으로 추진하기 위해 기존의 표준화 항목을 수요자 요구에 맞춰 조정하고 스마트공장 분야에 빠르게 도입되고 있는 IT기술인 디지털트윈, AI 등을 다루는 표준화 항목을 추가
- Ver.2021(2020년)에서는 5G, 에지컴퓨팅, 친환경 등 새로운 기술 트렌드를 반영하여 시급히 추진해야할 표준 항목을 추가하였고, 공장에서 발생하는 대규모 데이터의 안전한 활용을 위한 스마트공장 보안 항목을 중분류에 추가
- Ver.2022(2021년)에서는 스마트공장 KPI 분석 및 요구사항 등 중소 제조 기업에 스마트공장을 구축하기 위한 표준을 중심으로 기존 항목을 조정하였고, 사설 5G, 머신러닝, 클라우드 등 최신 트렌드를 반영한 표준화 항목을 추가

< 버전별 중점 표준화 항목 비교표(3개년) >

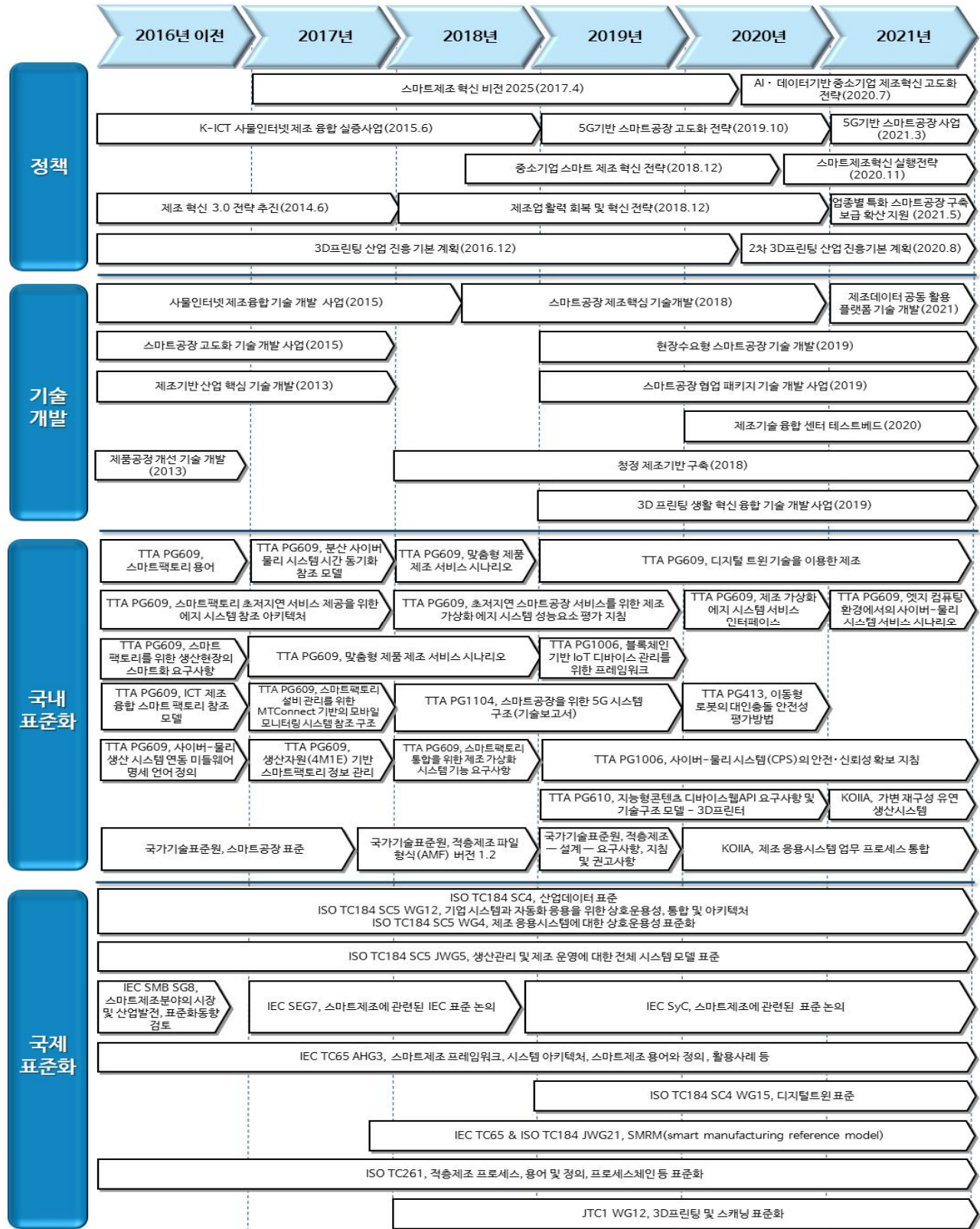
* Ver. 2022 신규항목

구분	Ver.2020	Ver.2021	Ver.2022
플랫폼	CPS 기반의 스마트공장 참조 아키텍처 표준	CPS/IIoT 기반의 스마트공장 참조 아키텍처 표준	-
	Smart APS 시스템 표준	Smart APS 시스템 표준	Smart APS 시스템 표준
	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준
	5G 기반 스마트공장 구축 표준	5G 기반 스마트공장 협업 로봇 표준	-
	-	스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준	스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준
	-	스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준	스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준
	-	스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준
	스마트공장을 통한 제품 생산 및 데이터 교환을 위한 정보 모델 표준	-	-

구분	Ver.2020	Ver.2021	Ver.2022
연동	-	스마트공장 환경저감 설비 운영 표준	스마트공장 환경저감 설비 운영 표준
	-	스마트공장을 위한 MEC 연동 표준	-
	프로젝트 공정 분야 스마트공장 정보서비스 연동 표준	-	-
서비스	AI 기반 설비 이상 징후 검출 표준	제조설비 이상 징후 검출 표준	-
	AR/VR 기반 유지·보수 지원 기술 표준	AR/VR 기반 작업수행·유지·보수 지원 기술 표준	-
	-	AR/VR 기반 작업자 원격 협업 지원 기술 표준	AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준
	-	5G를 적용한 스마트공장 표준	5G를 적용한 스마트공장 표준
	-	-	스마트공장 KPI 분석 표준*
	-	-	AI 기반 스마트공장 요구사항 표준*
3D 프린팅	-	3D 프린팅 제조공정 데이터 수집 프로세스 표준	-
	3D 프린팅 파일포맷 표준	-	3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준*
	3D 프린팅 출력 서비스 플랫폼 표준	-	
보안	-	무결점 공정을 위한 블록체인 표준	-
	-	-	사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준*
	스마트공장 기기 상호 보안인증기술	-	-
	-	-	-
	스마트공장 정보보호 인증 기준	-	-

II. 국내외 현황분석

2.1. 연도별 주요 현황 및 이슈



2.2. 정책 현황 및 전망

구분	주요 현황
한국	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트제조혁신추진단, 금형, 식품, 자동차/기계/전자, 섬유, 의약품, 화학, 화장품 등 업종별특화 스마트공장 구축·보급·확산 지원 사업 추진(2021.5) - 제1차 기본계획 만료에 따라 '제2차 3D프린팅산업 진흥 기본계획(2020~2022)' 수립 및 관계부처 합동으로 '2021년 3D프린팅산업 진흥 시행계획' 수립(2021.3) - 한국지능정보사회진흥원(NIA), 5G융합서비스 공공부문 선도 적용 사업의 일환으로 5G 스마트공장 사업 시작(2021.3) - 과기정통부, 5G가 디지털 뉴딜의 핵심 인프라로써 타 산업과 융합되어 산업 전반의 디지털 혁신을 본격화하기 위해 5G 특화망(B2B) 정책 방향 발표. 28GHz 대역 600MHz와 함께 sub 6GHz 대역에 대한 추가 할당 예고(2021.1) - 기가코리아 사업단, SKT와 함께 5G의 스마트공장 적용 실증 사업 추진 종료. AMR, AR/VR, AI 비디오 불량 탐지, 모듈형 생산 체계 등 유즈케이스 발굴(2020.12) - 중소벤처기업부는 스마트공장 보급, 확산, 사후관리 등 정책 전반을 '양적 보급 중심에서 질적 고도화로 전환'하는 '스마트 제조혁신 실행 전략'을 발표(2020.11) - 환경부는 그린뉴딜 3대 분야 중 하나인 '녹색산업 혁신 생태계 구축'을 위해 기후변화와 환경위기에 적극 대응할 수 있는 친환경 제조공장의 선도모델로 전환할 11개 기업을 스마트 생태공장 대상기업으로 선정하는 등 '스마트 생태공장 구축사업'을 추진(2020.10) - 중소벤처기업부, 스마트공장에서 생성되는 데이터를 저장·분석·활용하여 중소기업의 인공지능(AI) 스마트공장화(化)를 지원하는 인공지능(AI) 중소벤처 제조 플랫폼(KAMP) 구축하는 'AI-데이터 기반 중소기업 제조혁신 고도화 전략' 추진(2020.7) - 중소벤처기업부는 표준을 기반으로 스마트공장을 효율적으로 보급해 중소기업이 제조기술 경쟁력을 확보할 수 있도록 '스마트공장 표준기술자문위원회'를 발족(2020.6) - 과기정통부, 비면허대역(6GHz)의 스마트공장 활용을 위한 주파수 공급을 통해 5G NR-U의 6GHz 적용을 허용(2020.6) - 정부, '포스트 코로나' 시대 한국 경제의 도약을 위한 '한국판 뉴딜' 정책을 발표. 제조업을 포함하는 1, 2, 3차 쏠산업에 5G 및 AI기술을 융합·확산하기 위한 정책을 추진(2020.6) - 비상경제 중앙대책본부, 관계부처합동으로 감염병 충격으로 경제위기와 경제·사회구조 변화 동시발생, 코로나 위기를 혁신의 기회로 활용하기 위한 특단의 대책을 발표(디지털 인프라 구축) △데이터 수집·활용 기반을 구축 △5G 인프라 조기에 구축 △AI 데이터 인프라를 확충할 계획(비대면 산업 육성) △비대면 서비스 확산 기반을 조성 △클라우드 및 사이버 안전망을 강화할 계획(SOC 디지털화) △노후 국가기반시설을 디지털화 △디지털 물류서비스 체계를 구축(2020.5) - 중소벤처기업부, 세계 최강의 DNA Korea 구축을 위한 스마트화 예산에 집중 편성(2019.8) - 과학기술정보통신부, 5G라는 인프라 위에 만물을 연결하는 첨단 디바이스와 혁신적 서비스를 더해 글로벌 5G 시장을 선도하고, 안전하고 편리한 5G 세상을 만들어 나가기 위한 5G+ 전략을 발표. 특히, 스마트공장 등 5G 전략산업(10대 핵심산업, 5대 핵심서비스) 육성을 통해 2026년 5G 세계시장 15% 점유, 생산액 180조원 달성을 목표로 함(2019.4) - 과기정통부, 세계 최초 5G 상용화(2019.4)와 함께, '5G+ 전략(2019.3)'을 발표하며, 5G 기반의 스마트공장 고도화와 확산 추진(2019.4) <ul style="list-style-type: none"> · '5G 스마트공장 솔루션'을 1,000개 중소·중견 기업 공장에 보급(민·관 매칭)(~2022)

구분	주요 현황
	<ul style="list-style-type: none"> - 중소벤처기업부, 산업통상자원부 등, 2018년 12월 관계부처 합동으로 2022년까지 스마트공장 3만개 구축으로 중소기업 제조 강국을 실현하기 위한 “중소기업 스마트제조혁신 전략”을 발표(2018.12) - 산업통상자원부, 2018년 12월 우리경제의 근간이자 성장엔진인 제조업의 당면위기를 극복하고 제조업 혁신으로 경제 활력을 회복하기 위한 “제조업 활력회복 및 혁신 전략”을 발표(2018.12) - 산업통상자원부, 5G기반 스마트 공장 구축 상생협력으로 세계시장 선도(2018.12) - 민관합동 스마트공장 추진단, 2022년까지 스마트공장 2만개 보급 계획(2018.1) · 스마트공장 선도업체 및 산업통상자원부, 스마트공장 추진단 등이 협력해 1.5조원의 연관 시장을 창출하기 위한 스마트공장 생태계를 조성할 계획 발표 - 스마트제조혁신센터(SMIC), 5G 기반 데모공장 운영(2017.6) · 5G 기반 제조혁신 솔루션·제조공정, 단말 등의 실증이 가능하도록 실제공장과 유사한 ‘데모공장’ 운영 - 3D 프린팅 산업 진흥 1차 기본계획(2017-2019) 수립 및 관계 부처 3D 프린팅산업 발전전략으로 ‘2019년 3D 프린팅 글로벌 선도국가로 도약’ 비전 제시(2016.12)
미국	<ul style="list-style-type: none"> - 2021년 연방정부가 집중적으로 투자할 14대 과학기술 분야 중 하나로 ‘첨단 제조업’을 선정하고 (OSTP, 2019) 국가제조혁신네트워크(NNMI, Manufacturing USA) 및 스마트 제조 선도기업 연합(SMLC) 등 산·학·연 주도의 통합 정책 추진을 통해 HPC, M&S, IoT/IIoT, 클라우드 등 디지털 트윈 관련 기술 개발 및 제조업 활용 촉진을 위한 노력 강화(2021.6) - “4T(Tax, Talent, Technology, Trade)s” 정책 추진(ITIF, 2020.10) · “Manufacturing USA”를 기반으로 새로운 R&D 투자와 인력개발 및 비즈니스 참여를 결합하여 50개 이상의 커뮤니티들을 기술 허브로 제안 - 국가과학기술위원회(NSTC)는 ‘첨단 제조업 리더십 확보 전략’을 발표(2018.10) · 제조업 경쟁력 우위 확보를 위해 ‘국가안보 및 경제번영을 위한 미국의 범 산업적 첨단 제조업 리더십 확보’의 비전을 수립하고 비전 달성을 위한 목표를 제시함 ① 새로운 제조기술의 개발 및 이전 ② 제조업 노동력의 교육, 훈련 및 연계 ③ 국내 제조업 공급사슬 역량 확충 · 빅 데이터 분석, 첨단 센서 및 제어 기술을 통해 제조 부분의 디지털화 촉진 · 생산 기계, 공정 및 시스템의 실시간 모델링 및 시뮬레이션 지원을 우선으로 하여 제품 성능 및 안전성을 예측하고 개선 · 스마트 제조 구성요소와 플랫폼간의 완벽한 통합을 가능하게 하는 기준 개발 - 공공-민간 파트너십을 통한 제조기술 개발 및 사업화 네트워크 구축 계획 발표(2016.11) · 연구소 형태의 첨단제조혁신 육성을 위한 산학연 기술협력 컨소시엄으로써 총 45개의 공공-민간 파트너 연구소 네트워크를 구축해 스마트제조 혁신을 목표로 함 - 미 상무부(DOC) 주도 아래 국립표준기술연구원(NIST)에 첨단제조 국가 프로그램 사무국(AMNPO)을 설치하고, NIST의 주도로 전세계 220개 기업들이 참여해 만든 컨소시엄 ‘IIC(Industrial Internet Consortium)’를 통해 산업 인터넷에서의 주도권 확보를 목표로 표준화 작업 및 사례 공유 등을 진행(2016.8) - 미국 국방부 산하의 방위고등연구계획국(DARPA)은 3D 프린팅을 통한 제조 확대를 위해 ‘개방형 제조 프로그램(Open Manufacturing Program)’의 일환으로 이니셔티브 추진(2015.6) - 中, 인도 등 저임금 국가로 이전된 제조업의 부활을 위해 3D 프린팅 기술개발 및 인프라 조성에

구분	주요 현황
	<p>집중 투자 · 오바마 대통령은 3D 프린팅산업육성을 위해 10억 달러 투자발표(2012.10)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 미국은 2009년부터 ‘Remaking America’를 슬로건으로 ‘국가 첨단 제조방식 전략계획’등 제조업 부흥정책을 강력히 추진(2012.2) - 미국 대통령 과학기술자문위원회(PCAST: President’s Council of Advisors on Science and Technology)의 권고로 첨단 제조 파트너십(Advanced Manufacturing Partnership) 프로그램을 발족(2011.6)
일본	<ul style="list-style-type: none"> - Local 5G 할당을 통한 생산 현장에서의 독자적인 5G 네트워크 구축 허용. 2019년 28.2-28.3GHz 할당에 이어, 2020년 12월 28.3-29.1GHz, 4.6-4.9GHz의 추가 할당(2020.12) - 과학기술 4대 전략 발표(2020.6) <ul style="list-style-type: none"> · 코로나19 이후 뉴노멀을 향한 사회 변화 대응 - American Makes는 2020년 방산 산업 내 3D프린팅 활용 확산을 위해 공군 연구소와 7년 규모의 협정발표(2020.1) - 기업의 자가진단을 위한 DX 추진지표 제정(2019.7) <ul style="list-style-type: none"> · 제조업DX 가시화 지표 및 기업의 자가진단제도 구축 - 일본조사회는 2018 일본 3D프린팅(적층 제조) 기술개발 전략과 시장전망’ 보고서를 발간하고 정부 주도의 3D 프린팅 지원책 발표(2018.9) - 4차 산업혁명을 리드하기 위한 ‘신산업 구조비전’ 발표(2017.5) <ul style="list-style-type: none"> · 2030년을 목표로 하여 4차 산업혁명을 이루는 다양한 기술을 통합하여 첨단 초스마트 사회(society 5.0)을 실현하는 것을 목표로 함 - 일본 정부는 스마트공장 도입을 산업정책의 최우선에 두고 주도적으로 추진하고 있으며 구체적인 로드맵으로 초스마트 사회(Society 5.0)(2016.4)와 산업간 융복합(Connected Industries) 등의 정책비전을 제시(2017.3) <ul style="list-style-type: none"> · (초스마트 사회) 전체 생산공정의 데이터 연계를 통해 개별 소비자의 수요에 맞는 혁신적 제품 생산과 서비스를 창출하는 스마트 제조(Smart Manufacturing)를 바탕으로 초스마트 사회를 구현 · (산업간 융복합) IoT 등의 기술을 통해 모든 사물이 서로 연계되어 정보를 주고받고 이로부터 수집된 빅데이터를 활용하여 새로운 부가가치를 창출하는 산업구조 구축
유럽	<ul style="list-style-type: none"> - EU는 Vision 2030 위원회를 통해 유럽 산업의 기술변화를 이끌 기술로 3D프린팅 기술을 언급하며 정책지원 계획 수립(2021.3) - 독일, Local license 기반의 5G 주파수 할당. 생산 현장을 중심으로 활발한 5G의 스마트공장 적용 진행 중. 3.7-3.8GHz(2019)에 이어 24.25-27.5GHz 추가 할당(2021.1) - 유럽, “Industrie5.0” - EU 집행위원회에서 논의(2020.7) <ul style="list-style-type: none"> · 유럽 기술 리더들이 워크숍을 통해 5차 산업혁명(Industry5.0)의 개념, 기반기술, 과제 등에 대한 논의하고 정리함 - 독일과 영국 등은 제조업체의 특화망 구축을 위한 5G 이동통신용 주파수 대역을 공급 (2019.11) - 독일, 인공지능(AI) 관련 정책 추진(2019.9) <ul style="list-style-type: none"> · 인더스트리4.0 전략은 디지털 전환을 통한 제품·공정·비즈니스 모델 혁신으로 이어지므로 인공지능 기술 확보 및 관련 지원정책이 중요 - 유럽 산업 활성화 정책인 Horizon 2020을 넘어선 Horizon 2027 전략 프레임을 통해 디지털 제조 기술 육성을 강화하며 글로벌 경쟁력 확대(2019.9) - 5G PPP, ‘5G SMART’를 통해 5G 스마트공장 기술 검증 등 시행(2019.6)

구분	주요 현황
	<ul style="list-style-type: none"> · 5G 산업 경쟁력 강화를 위한 EU의 산학 연계 이니셔티브로 추진 과제의 하나인 '5G SMART'를 통해 5G 스마트공장 기술 검증과 표준화를 연구 · 5G SMART는 실제 제조 환경에서 5G의 잠재력을 시연, 검증, 평가를 위한 프로젝트(2019.6~2021.11, EU는 총 1,020만 유로 투자) · 5G 산업용 로봇, 머신 비전 기반 원격 운영 등의 테스트 및 5G 공장 환경 하에서의 주파수 활용 특성과 전자기 호환성 이슈를 검토 - 독일, Platform Industrie 4.0 추진(2019.2) <ul style="list-style-type: none"> · 기존 Industrie 4.0의 문제점을 보완하여 민·관·학 연계를 통해 디지털 혁신을 촉진시키는 Platform Industrie 4.0 추진 · 제조업 디지털화 추진- 사물인터넷 기반 CPS(Cyber Physical System) 스마트공장 구축 · 표준화, 중소기업 경쟁력 강화, 인력양성 중점 - 영국은 고부가가치 제조업 육성을 목적으로 '고가치 제조업 전략(HVM, High Value Manufacturing)'을 시행, 'HVM Catapult 센터(HVMC)' 설립을 통해 모델링·시뮬레이션, AR·VR 등에 3년간 2억 파운드 이상 투자(2011.10) · 2019년, 제3차 산업전략기금(SCF)을 통해 '스마트 제조' 분야의 투자 계획을 발표하고 4대 주요 테마 중 '가상 제품의 모델링 및 시뮬레이션 등을 통한 제품 설계·제작·검증 기술'을 제시
중국	<ul style="list-style-type: none"> - 코로나19 이후 중국 정부는 '산업인터넷'을 핵심 디지털 인프라로 포함시키고 대대적인 투자를 장려. 공업정보화부는 '산업인터넷 발전가속화를 위한 통지'(2020.3)를 발표하고, '산업인터넷 혁신개발 실행계획'을 발표하면서 제조업의 디지털 전환에 박차(2021.1) · 제조업의 스마트화는 산업인터넷을 통해 각종 생산설비에서 데이터를 생성 및 공유하며, AI를 통해 공정 최적화 및 사후 예측을 수행하고, 궁극적으로 CPS(사이버물리시스템, Cyber Physical System)를 통해 가상세계에서 제조 서비스를 제공. 특히, 산업인터넷은 스마트제조를 이룩하기 위한 핵심 기반 기술이라 할 수 있으며 중국정부는 2018년부터 동 분야의 육성을 강조하기 시작 - 국무원, 제조강국 진입을 목표로 중국제조 2025 발표(2015.5) <ul style="list-style-type: none"> · 중국이 산업 구조 고도화를 위해 30년을 목표로 3단계로 나눈 계획 중 1단계 계획인 중국제조 2025는 2025년까지 산업 핵심 부품 및 자재의 국산화율을 70% 달성하는 것을 목표로 함 · 중국의 성장 동력이 되는 10대 중점 육성사업으로 스마트 디자인·시뮬레이션 등 산업용 SW 기술 개발을 제시 · 2025년까지 중국 제조기업 내 산업용 SW 국산 점유율 50% 이상 달성을 포함하여 디지털 R&D 설계 도구 보급률 84% 달성이라는 목표 제시

2.3. 기술개발 현황 및 전망

기술개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구 ↳ <input type="checkbox"/> 실험 ↳ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품 ↳ <input type="checkbox"/> 제품화 ↳ <input type="checkbox"/> 사업화	기술 수준	79.3% (선도국가 대비)
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구 ↳ <input type="checkbox"/> 실험 ↳ <input type="checkbox"/> 시작품 ↳ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화 ↳ <input type="checkbox"/> 사업화		
※ 기술 수준은 “ICT 표준화 기술 및 표준 수준 조사” 설문조사에 의한 결과 값을 활용				

2.3.1. 국내 기술개발 현황 및 전망

[플랫폼]

- (Smart APS 시스템 표준) 수년간 진행된 스마트공장 보급 사업을 통해 설비/공정의 인공 지능화와 제조 빅데이터의 누적을 이뤘으며, 다음 단계로서 기존 APS 시스템과의 인터페이스 관련 기술 개발 및 표준화가 주요 이슈가 될 것으로 전망
 - 삼성전자
 - 기존 ERP 시스템(SAP)을 업그레이드하는 프로젝트 속에서 SCM체계 내에서 생산 계획과 스케줄링 업무를 새롭게 체계화하고 신속하고 빠른 의사 결정 지원이 가능한 신기술 도입이 추진 중
 - SK Hynix
 - SmartFactory를 위한 대규모 컨설팅 진단 결과를 토대로 기준정보 체계 표준화 마련, Master Production에 대한 위상 정립, 제조 데이터에 대한 지능적 확용과 분석에 SK C&C 등과 협력하여 대규모 투자 진행 중
 - VMS Solutions
 - 국내 중소 제조업을 위한 스마트공장 보급 사업이 고도화 단계로 진입하면서 APS에 대한 수요가 증가. MES 솔루션과 더불어 중소 제조업을 위한 APS 솔루션의 개발이 활발히 이루어지고 있으며 클라우드 환경을 지원하는 APS 시스템 개발도 진행 중
 - KSTEC
 - 최적화 솔루션 싱크플랜 APS를 통해 생산 규칙과 정책 위반을 조기 포착하여 사전에 대응할 기회를 제공하고, 궁극적으로 적시 적량 생산을 달성하여 제조비용을 최소화하고 수익을 극대화하기 위한 개발 진행 중
- (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) CPPS 기반 스마트공장/디지털 제조 플랫폼 솔루션은 ICT 솔루션 업체 주도로 공급되고 있으며, 정부의 ‘한국판 뉴딜 종합계획(2020.07.14.)’에 따라 디지털트윈 기술을 산업현장에 적극적으로 도입할 것으로 전망
 - 삼성 SDS
 - 플랜트 설계/시공, 제조, 물류/Facility의 모든 자원을 IT 기술로 연결하고 데이터 분석으로 자율 제어하며, 3D/AR/VR 기반 시각화를 통해 관리/제어가 가능하게 하는 디지털 플랫폼 Nexplant 솔루션 제공

- LG CNS
 - 스마트공장 플랫폼 팩토바(Factova)를 통해 제조 정보화·지능화 솔루션을 쉽고 빠르게 적용할 수 있는 표준화된 개발 및 운영환경 제공
 - SK C&C
 - 빅데이터 수집, 처리, 분석, 시각화를 통해 산업 현장 별 맞춤형 빅데이터 통합 분석 플랫폼 아큐인사이트 플러스(Accuinsight+)로 생산 양품 불량 판별부터 회귀 분석 기반의 각종 거래 가격 예측, 고객 맞춤형 상품 추천 등 광범위한 서비스 제공
 - 한컴MDS
 - 데이터의 실시간 수집과 저장, 가시화를 통해 설비 모니터링, 생산공정 감시, 에너지관리 등의 산업용 IoT 서비스를 구축하기 위한 썬스핀(ThingSPIN)으로 최적의 데이터 수집과 통합 기능, 실시간 데이터 스트리밍 및 분석 서비스 제공
 - 이삭엔지니어링
 - 다양한 센서 디바이스로부터 데이터를 빠르고, 손쉽게 수집 및 저장할 수 있는 클라우드 전용 IoT 플랫폼 얼티비스(Ultivis)를 통해 데이터 분석 솔루션과 타 서비스(ERP, MES, PLM, SCM 등)과 연계하는 서비스 제공
 - SKT
 - AI와 클라우드 서버 기반의 스마트공장 솔루션인 메타트론 그랜드뷰(Metatron Grandview)를 통해 실시간 모니터링, 설비의 이상치 및 고장 전조의 알람, 설비 유지 보수 기록 및 DB화, AI 분석 모델링 등의 서비스 제공
 - KT
 - 5G, 클라우드, AI, 빅데이터로 구현된 스마트공장 플랫폼 팩토리메이커스(FactoryMakers) 솔루션을 기반으로 협동로봇, 머신비전 서비스 제공
- (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 공장 설비와 장비 구축을 간소화하기 위해 공장 내에 엣지 서버를 배치하여 기업별 특화 서비스를 제공하기 위한 On-Site 엣지 기술을 개발 중이며, 향후 인공지능 기능을 공장에 제공하기 위한 지능형 엣지 서버로 발전될 전망
- ETRI
 - 가혹한 산업현장(온도, 습도, 분진 등)에서도 운용이 가능하고 서비스 상황과 수요처 요구에 따라 확장 및 재구성이 가능한 엣지 서버 기술 개발을 추진 중
 - SKT
 - SKT 5G, MEC, 영상 분석 솔루션을 결합하여 실시간 원격 로봇 관제 시스템을 구성하여 초저지연 서비스를 제공하는 시스템을 구축
 - KT
 - KT 5G망 기반 Edge에 클라우드 인프라를 구축하여 IaaS(Server, N/W 부가서비스 등)와 CDN 서버를 제공하며 저지연 서비스 수용, 네트워크 비효율성 문제 개선을 위해 클라우드 기술을 활용한 로컬 엣지 형태의 서비스 개발을 추진
 - LG CNS
 - 스마트공장 내의 조명을 원격으로 제어하기 위한 'CNS IoT Gateway'를 서비스. 향후 공장 내 위치추적 및 센서를 통한 데이터 취합 등의 분야로 확대할 예정

- (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 대규모 제조시설 없이 아이디어 기반의 빠르고 유연한 제품 생산을 지원하는 무공장 제조에 대한 성장으로 주요 기술 발전을 통해 보다 빠르고 정밀한 제조 서비스 제공이 전망
 - 크리에이티브
 - 3D 프린터와 CNC 가공 위주로 제조업체와 고객을 연결해 주는 제조 플랫폼을 개발하여, 제조 솔루션, 견적, 업체 안내 및 품질을 관리하는 서비스를 운영 중
 - 위너스랩
 - MakerHub 플랫폼을 개발하여 디자인, 시제품, 제조 양산 업체를 중개하는 서비스를 수행하고 있으며, 프로젝트 시작부터 제품 납기 후 만족도 평가까지 제조 프로세스 전반에 걸친 서비스를 제공 중
 - 씨티케이코스메틱스
 - 씨티케이코스메틱스는 무공장 방식의 사업모델을 도입하여 화장품과 관련된 브랜드 기획부터 원료 개발, 패키지 디자인, 마케팅, 생산, 물류까지 모든 부분을 제공하는 글로벌 뷰티 풀 서비스(BEAUTI-FULL SERVICE PROVIDER) 디지털 플랫폼 CTK 클럽을 론칭하여 운영 중
- (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 대규모 제조시설을 갖춘 기업 중심으로 자체적으로 개발한 IoT 플랫폼을 엣지 컴퓨팅으로 계속 확산하고 이를 수집하여 AI활용을 위한 빅데이터 구축 및 통합 패키지 형태로 개발을 진행할 것으로 전망
 - 삼성 SDS
 - Brightics IoT는 산업 현장에서 사용되는 센서, 설비, 장비 등 다양한 종류의 디바이스를 연결하여 실시간으로 데이터를 수집·관리하는 사물인터넷 플랫폼이며, 2020년 가트너 매직퀵드런트(MQ)에 등재함. SDK(Java, C) 제공 및 IoT 프로토콜(MQTT, WebSocket), IoT 보안(SEAL, OAuth, SSL)을 지원
 - SK C&C
 - SCALA는 스마트팩토리 구축을 위한 통합 솔루션으로 상호운용성, 유연성, 확장성을 주요 특징으로 하고 있으며 IIoT, 빅데이터, 인공지능 등 기반 기술과 공정최적화 알고리즘, 공정 제어 및 분석 솔루션 제공을 통해 글로벌 톱 수준의 자동화·지능화된 스마트팩토리 구축을 지원. 고객이 시뮬레이션과 플랫폼 기반의 분석/예측 기법을 적용해 스마트 제어가 가능하도록 시뮬레이션, 플랫폼, LCS, MSS, MCS, FCT, Automation 등 통합 패키지를 제공
 - LG CNS
 - IoT 플랫폼인 INFioT는 디바이스 및 다양한 IoT 환경을 고려하여 대용량 센싱 데이터를 실시간으로 수집/전달 및 관리하고, IoT 서비스 개발 편의도구를 통해 지능화 서비스와 연계하여 새로운 고객가치 생성이 가능한 플랫폼이며, 표준, 비표준 포함 24종 통신 프로토콜 제공 및 확장 기능이 포함됨. 자사 AI 빅데이터 분석을 위한 솔루션(DAP)과의 연계 서비스 지원
 - 포스코 ICT
 - PosFrame(포스프레임)은 생산현장의 정형/비정형 데이터를 실시간으로 수집하여, 데이터에 기반 한 분석과 AI를 활용하여 최적으로 제어 할 수 있는 스마트 플랫폼이며, IoT, Big Data, AI 등 IT 신기술 기반의 실시간, 무중단 스마트팩토리 통합 플랫폼을 제공함. 주요기능은 Interface Middleware, Real Time Platform, Time & Length based Alignment, Big Data Platform 등이 존재

- 삼성전자
 - 스마트싱스(SmartThings), 아티크(ARTIK), 삼성 커넥트(Samsung Connect) 등 자사의 모든 IoT 제품과 서비스들을 '스마트싱스'로 통합한 토탈 IoT 서비스를 제공. 스마트싱스를 통해 원격제어, 알림, 전력량 확인, 모드실행, AI 관련 기능을 제공
- 에어릭스
 - 'ThingARX IoT 플랫폼'은 IoT 기술을 활용한 독자적인 스마트공장 플랫폼을 통해 에너지 비용 절감 및 업무 효율 개선에 활용

[연동]

- (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 환경정책 강화에 따른 환경설비 구축 증가로 대기방지 시스템 개발을 진행 중에 있으나, 주요 적용 업종인 조선, 정유, 제철, 발전소 등은 기존 생산 설비 등과 이원화하여 관리 중. 환경저감 설비는 구축비용뿐 만이 아니라 운영에 따른 에너지 사용이 증가하므로 스마트공장 에너지관리시스템(EMS)과 연동이 요구되며 탄소배출 및 미세먼지 등 대기오염물질 감축 현황 모니터링을 위한 인증 모델이 필요
- 현대중공업
 - 환경저감 설비를 공동 개발하여 2018년부터 도장 공장에 저감 설비를 구축하고 있으며 자체 스마트공장 플랫폼에 연동하여 실시간 모니터링, 원격관리, 에너지 관리를 위한 저감 설비 운영 솔루션을 개발 중
- 에코프로
 - Microwave 타입의 VOC설비 개발 이후 대기방지시스템 업그레이드 및 시스템 추가 개발을 진행 중. 스마트공장 환경저감 설비 구축 및 운영에 대한 표준모델 개발이 요구
- 포스코
 - 포스코 포항제철소의 소결공장에서는 오염물질인 질소산화물을 질소와 산소로 분해하여 배출시키는 친환경 설비인 소결기 선택적 촉매환원(SCR)을 구축하여 최대 80%까지 질소산화물 농도를 낮추는 활동을 진행 중
- LG전자
 - 2023년을 완공 목표로 경남 창원시의 창원 1사업장에 태양광 패널, 에너지저장장치(ESS), 고효율 공조시스템 등의 여러 친환경 설비를 갖춘 친환경 스마트 팩토리를 구축 중

[서비스]

- (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 확장현실 환경에서 VR/AR 기술을 활용하여 원격에서 스마트공장 작업자에게 다양한 상호작용을 통한 작업지원이 요구되고 있으며, 5G/WLAN, 인공지능 기술의 발전으로 원격에서 실시간으로 협업을 지원할 필요성이 증대. 이를 위한 시스템들이 개발 중에 있으며, 최근에는 메타버스 기술과 접목되어 보다 현실감 있는 협업 서비스를 제공할 수 있는 연구가 진행 중이며 확장될 것으로 전망
- ETRI
 - 스마트공장을 위한 모델링/시뮬레이션 기술을 바탕으로 제조 산업용 디지털트윈 기술을 개발하고 있으며, 다양한 형태의 AR/VR기술을 활용한 스마트공장 모듈 가시화 및 상호작용에 관한 연구를 진행 중

- 전남대
 - 스마트공장의 작업자 지원을 위한 AR/VR Live Manual 기술 개발을 추진. 또한, 상황에 맞도록 딥러닝기반 AR/VR 기반 원격협업 및 상호작용을 지원할 수 있는 연구 진행 중
 - KAIST
 - AR/VR를 활용하여 CT나 디지털 콘텐츠를 상호공유하고 협업할 수 있는 시스템을 개발 중
 - Maxst
 - AR SDK를 개발하였으며, 이를 활용하여 AR협업을 지원하는 시스템을 개발 중
 - 버넥트
 - AR 및 디지털 트윈을 이용한 산업현장 작업자 지원 솔루션을 제공하는 스타트업으로 AR 핵심 기술인 트래킹 및 정합기술 보유
 - 경희대
 - AR/VR기술 중 촉감 전달 기술을 이용한 상호작용 지원 기술 개발 중
- (5G를 적용한 스마트공장 표준) 스마트공장을 지원하기 위한 5G 기술은 mMTC, eMBB, URLLC 측면에서 1차 개발 완료. 2020년 URLLC와 산업 적용을 보강한 Rel.16의 표준 및 비면허대역에 5G를 적용할 수 있는 NR-U 표준 개발 완료. 5G 측면에서의 개발된 기술을 공장에 적용하는 유즈케이스의 개발과 실증 작업이 진행 중. 정부 주도 사업의 경우 중소/중견 기업의 스마트공장에 5G를 적용하는 측면, 대기업 주도의 사업에서는 자체 공장에 5G를 적용하는 사업을 추진 중. 과학기술정보통신부는 2021년 1월/6월 5G 특화망 정책 방향을 발표하였으며, 2021년 하반기 구체화된 특화망 주파수 신청 방법 및 사업 방법에 대한 발표 예정. 향후 5G를 적용한 스마트공장은 사업자 주도의 실증 사업과 산업 주체가 자체적으로 5G 특화망 주파수를 할당받아 직접 구축/운영하는 실증 사업으로 이원화되어 진화 예정
- 기가코리아/SKT
 - 반도체/자동차/전기전자부품 제조사를 대상으로 5G 연동 머신러닝기술을 통한 실시간 생산부품 품질검사 서비스를 개발하고 다양한 공장을 대상으로 5G 연동 자율주행 AMR /Picking Robot을 활용한 물류관리 서비스를 개발
 - LG전자
 - LGU+, LG CNS 등과 협력하여, LG전자 평택, LG화학, LG이노텍 등에서 5G를 활용한 다양한 공장에서의 유즈케이스를 개발 중
 - 스마트제조혁신센터
 - 안산 지역 공장들과 함께 5G를 적용한 제조 혁신을 시연
 - KISA/KETI
 - 스마트공장 보안 강화를 위한 업무 협약 체결
 - NIA
 - 2021년 5G 융합서비스 공공부문 선도 사업의 일환으로 스마트공장 실증 사업 시작
 - NIPA
 - 2021년 5G기반 디지털트윈 제조 산업 적용 실증 사업 시작
 - 삼성전자
 - 미국 텍사스 오스틴에 있는 반도체공장에 삼성전자의 5G 무선장비와 AT&T의 네트워크 장비를 결합한 '5G 이노베이션 존' 구축

- LG U+
 - LG전자 소재·생산 기술 적용 공장 구축경험, LG U+의 5G망, LG CNS의 플랫폼 기술 등이 연계하여 BM 개발 중
 - 두산인프라코어 등과 중공업·건설 분야 협력을 통한 5G망 기반 플랫폼을 건설현장과 무인자율작업 가능한 생산로봇에 적용
- (스마트공장 KPI 분석 표준) 스마트공장 KPI에 특화된 기술개발 및 기술 확보는 미미한 상황이며, 최근 인공지능 기술 적용을 위해 필요한 제조 데이터에 대한 기술개발 연구가 수행 중. 또한, 정부에서 추진 중인 스마트공장 사업의 경우, 2022년 3만개 제조 기업에 보급·확산의 목표가 달성 예정이며, 구축된 스마트공장 시스템의 활성화 및 유지보수를 위한 방안으로 시스템 활용 및 Data Transaction 측정을 위한 KPI 연구가 필요할 것으로 전망
- KETI
 - ‘제조 빅데이터 공동 활용을 제공하는 클라우드 플랫폼 기술개발 및 실증’을 통하여 제조 데이터 활용 체계 연구
- (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) 국내도 스마트공장 보급 사업 등 정책을 추진 중이나 아직 기초 단계인 공장 정보화 정도의 수준으로 AI 융합으로 퀀텀 점프가 필요한 시점. 스마트공장의 핵심 역량은 제조현장 데이터 분석을 통한 진단, 예측과 최적화를 달성하기 위한 데이터 애널리틱스(DA: Data Analytics)이며, 데이터를 통해 다양한 핵심성과지표(Key Performance Index; KPI)의 기준을 잡고, 멀티 스케일의 실시간적 진단, 예측 및 최적화 모델의 개발과 더불어 스마트공장 운영 최적화(Optimized Control)를 달성하기 위한 기술 개발 필요
- ETRI
 - ICT 기술이 제조 산업에 쓰이기 위해서는 어플라이드 엔지니어링(Applied Engineering)이 꼭 필요한 것으로 전망. 이를 기반으로 ‘제조 작업환경 인지 기술’, ‘협업작업 자율 계획 기술’, ‘유연생산 분산협업 실행제어 기술’ 등의 연구를 진행 중
- 기타
 - 정부는 AI 중소벤처 제조 플랫폼(KAMP)을 중심으로 ‘5G+AI 스마트공장’을 1,000개 보급하는 등 제조혁신 선도 사례를 중심으로 확산 계획. 중소기업이 제조과정상 문제를 AI로 쉽게 해결할 수 있도록 AI 중소벤처 제조 플랫폼(KAMP) 데이터를 기반으로 핵심 설비·공정별 AI 표준모델을 50개 구축한다는 목표. AI 활용 가능성과 산업 파급효과가 큰 뿌리기업 대표설비부터 우선 구축·착수

[3D 프린팅]

- (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 표준 파일을 지원하는 3D 프린팅 기술과 다양한 형태의 3D 프린터를 통해 의료, 제조 등의 기업용 시장에 특화된 프린팅 기술 개발 중이며, 부가가치가 높은 의료, 항공 영역 등에 대한 3D 프린팅 기술 개발 가속화 전망
- 원포시스
 - 메탈 3D 프린팅의 제품 물성치에 관한 시뮬레이터 개발을 통한 최적화 솔루션 개발하고 자회사인 메탈쓰리디는 부품 제조 양산이 가능한 금속 프린터(MetalSys 500) 개발, 이를 통한 금속 프린팅 서비스 활성화 기대

- 인텔리코리아
 - 면 터짐 현상이 거의 없는 3D 프린터용 모델링 SW인 Cadian3D를 개발하고 지속적인 업그레이드 지원하며, 산업계에서 많이 쓰이는 3D 프린팅/AM 표준파일 포맷 지원
 - 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 지원을 위한 다양한 교육 커리큘럼 운영
- 링크솔루션
 - SLA 방식의 3D 프린팅 제조 과정에의 실시간 모니터링 시스템 개발하고 관련 기술을 통해 아모레퍼시픽, 항공, 자동차 대형 내외장 부품 제조 등의 분야에서 고객 맞춤형 제조 서비스 사업을 추진
- KITECH
 - 메탈, 플라스틱 소재에 따른 3D 프린팅 방식에 따른 필수 파라미터 도출 연구를 진행하고 최근 인공 흉곽을 제작하고 식품의약품안전처로부터 임상실험계획을 승인
- 한국기계연구원
 - 정밀($\pm 15\mu\text{m}/200\text{mm}$ 급) 3D프린팅 기술 개발 및 공정 제어 및 3D 프린팅 출력물 물성 분석·평가 관련 기술 개발
- KETI
 - 자체 형상 최적화 및 경로 최적화 엔진을 통한 맞춤형 슬라이서 SW, 출력 전략(Build Strategy) 영역의 자체 형상 최적화(Shape Optimizer) 및 출력 공정(Build Processor) 영역의 경로 최적화(Path Optimizer) 기술 개발
- 서울대
 - 보드마카 잉크에 철가루를 첨부하여 펜으로 입체 그림을 그릴 수 있는 새로운 방식의 4D 프린팅 기술 개발을 통해 STEM 교육 등에서 저렴하게 활용할 수 있는 출력 서비스 지원
- 로켓
 - 바이오 프린팅 기술로 재생치료 플랫폼을 만드는 의료 전문 프린팅 서비스 회사로 최근 당뇨발 재생을 위한 무릎 연골 프린팅 기술을 개발하여 유럽의약품청(EMA)에서 임상 승인 획득

[보안]

- (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 사설 5G 기반 스마트공장 보안 기술에 대한 원천핵심 기술 확보는 미미한 상황이나, 정부출연연구소·이동통신사업자·보안기업 및 대학을 중심으로 5G 보안 기술에 관한 연구가 진행 중이며, 산업현장 취약점 분석을 통해 보안위협에 대응하기 위한 보안모델 개발 및 기기·서비스 보안성 시험을 위한 보안리빙랩 구축·고도화가 진행되고 있음. 특히, 최근 5G 특화망 활성화 정책에 따라 특화망 환경에서의 보안기술 개발로 확대될 전망
- ETRI
 - 5G 융합서비스의 안전한 이용환경을 보장하기 위해 무선 액세스 및 엣지 네트워크의 보안 상황을 분석하여 위협을 탐지·차단할 수 있는 지능형 5G 엣지 보안 기술 연구 진행 중
- KISA
 - 5G NSA/SA 코어망에서의 비정상 공격을 탐지하고 대응하기 위한 지능형 5G 코어망 보안 기술에 관한 연구 진행 중
- HFR
 - 기업이 5G 특화망을 신속히 도입하고 안정적으로 운영할 수 있도록 5G 특화망 솔루션인 my5G를 출시

2.3.2. 국외 기술개발 현황 및 전망

[플랫폼]

- (Smart APS 시스템 표준) SCM 솔루션 공급사로 글로벌 시장을 주도했던 JDA의 후속으로 O9, KINEXIS 등의 신생 회사들을 중심으로 신제품 개발과 기업 간 데이터 교환에 필요한 부분적인 interface 표준화 시도가 이루어지고 있으나 아직 초기 단계이며, 향후 SAP, Applied Materials, Siemens 등 제조 응용 솔루션과 연계가 진행될 것으로 전망
 - 독일, SAP
 - 전통적인 ERP기반의 planning 시스템을 운영하던 SAP는 인 메모리 기반의 ERP를 선보이면서 기존 APO를 종료하고 IBP 시스템을 통하여 Smart Factory를 위한 APS 시스템을 제안 중
 - 독일, SIEMENS
 - Industry 4.0 수준의 생산 계획과 스케줄링을 위한 다양한 솔루션을 출시하고 있으며, 특히 Opcenter APS는 전통적인 단독 실행뿐만 아니라 ERP, MES, 데이터 수집, 예측 관련 소프트웨어와 연동이 가능하도록 제공
 - 미국, Applied Materials
 - MES를 근간으로 로컬 영역에서 스케줄링 업무를 담당하는 RTD(Real Time Dispatching)를 기반으로 전공정의 작업 스케줄을 관장 할 수 있는 솔루션으로 발전하여 중국의 반도체 디스플레이 산업을 대상으로 활발한 보급 사업을 전개 진행 중
 - 미국, o9
 - AI 기반 통합 계획 및 운영 솔루션 제공업체로서 실시간 운송 중 화물 추적, 화물 중단에 대한 사전 알림을 통해 민첩한 제조 계획 및 시나리오 관리를 구현하여 중단 간 공급망에 대한 이러한 중단의 영향을 완화하는 기술 개발 중
 - 캐나다, Kinaxis
 - 가입자 방식의 공급망 관리 솔루션을 제공하며, 대표 솔루션인 RapidResponse는 세계 유일의 동시성 계획 플랫폼으로서 기업에서 사용하는 기존 ERP와 연계를 지원 중
- (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 미국 GE를 선발주자로 하여 미국, 독일, 프랑스 등 전통적 제조 기술 강국을 중심으로 디지털 트윈 제조 상용 플랫폼을 제공하고 있으며, 새로운 시장 창출을 위해 데이터 공유와 디지털 트윈의 성능 향상에 주력할 것으로 예상
 - 미국, GE
 - IoT 기반의 산업인터넷 플랫폼으로 제조업 분야의 디지털 응용서비스 제공을 목적으로 개발된 디지털트윈 개발/운영 플랫폼 프레딕스(Predix)를 통해 플랜트 운영관리 과정에서 생성된 각종 정보 수집, 처리, 저장, 분석 지원
 - 미국, Ansys
 - 디지털 트윈 구축, 검증, 배포하기 위한 개방형 솔루션 트윈빌더(Twin Builder)를 통해 사용 중인 여러 물리 모델들을 연계하여 모델링 및 시뮬레이션 서비스 제공
 - 미국, Microsoft
 - 클라우드 컴퓨팅 솔루션인 Azure 플랫폼을 활용하여 IoT 데이터를 기반으로 물리적 환경의 종합적 디지털 모델을 만드는 Azure Digital Twins 서비스 제공

- 미국, IBM
 - IBM Watson IoT 플랫폼의 데이터 모델링 기능을 활용해 디지털 모델로 구현된 현장 지식과 내부 시스템, 장비 등을 통합해 각 업체에 맞춤형 솔루션 제공
 - 독일, SIEMENS
 - 공장 설비의 센서를 데이터를 실시간으로 수집하여 디지털 트윈과 연결하여 분석/관리/제어하는 공장 자동화 IoT 플랫폼인 Mindsphere 솔루션 제공
 - 독일, SAP
 - SAP Leonardo IoT를 활용해 실제 자산을 디지털 트윈으로 모델링하고, 물리적 장치와 디지털 트윈 간의 기술적 연결을 함으로써 모니터링 및 분석 서비스 제공
 - 프랑스, Dassault Systems
 - 제품의 생애주기의 모든 단계를 동적 3D 모델로 구현하여 생산/운영/관리/제어하는 3D EXPERIENCE 플랫폼 제공
- (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 엣지 시장의 주요 업체는 HPE, ZTE, Huawei, Altran Technology, Cisco, Deutsche Telekom, Saguna, Nokia 등으로 초기 시장 진출을 위한 기술 개발이 진행되고 있으며, 스마트공장을 포함한 스마트시티, 국방, 자율주행자동차 등에 활용할 수 있는 경량형 서버를 공급할 것으로 예상
- 일본, NTT DOCOMO
 - IoT를 활용한 고장 예측 및 이미지 검품 등을 통한 생산성 향상 솔루션으로 데이터 검색에서 활용까지 하드웨어의 설계·구축·유지보수를 원스톱으로 제공
 - 일본, KDDI
 - Wavelength 환경에서 각종 센서 데이터를 바탕으로 AI를 활용한 “제조 설비 고장 사전 예측” 실증을 실시
 - 스페인, Telefonía
 - 로봇 용접 셀과 같은 공장의 물리적 요소를 5G를 통해 연결하고 MEC의 컴퓨팅 기능을 통해 이러한 장비들을 통해 생산된 데이터를 실시간으로 수집하고 처리할 수 있도록 함
 - 독일, Deutsche Telekom
 - Ericsson과 함께 자회사 T-Systems를 통해 기업에 5G 스몰셀과 5G Core, 엣지 클라우드(MEC)를 공급/설치하고 공중망 서비스와 사설망 서비스를 함께 제공하는 Industrial Campus Network 모델을 제공
 - 이스라엘, Saguna Networks
 - 엣지 클라우드 플랫폼과 엣지 응용의 개발, 설치, 유지 보수 및 자동화를 통해 사물 인터넷, 인더스트리 4.0, AR/VR, 커넥티드 카, 드론 제어, 4K 비디오 전송 등에 활용 가능한 솔루션 개발
 - 프랑스, Altran
 - 자동차, 의료, 항공 등 엔지니어링 기업으로서 클라우드 컴퓨팅 전문 기업 Ori Industries와 개발자 중심의 Federated MEC 솔루션 제공
 - 미국, Verizon
 - 주요 도시를 중심으로 아마존 AWS Wavelength 인프라를 구축하고, 제3의 사업자들과 응용 서비스 개발에 나서고 있으며 Microsoft Azure와 협업하여 On-premise MEC도 테스트 중

- 미국, HPE
 - 엣지 환경에 최적화된 운영 데이터 획득, 제어 시스템, 산업 네트워크, 그리고 엔터프라이즈급 IT 성능 및 원격 시스템 관리 기능을 포함한 시스템 제공
- 미국, Dell EMC
 - 산업 현장의 다양한 기기에서 발생하는 데이터를 수집 전송할 수 있는 엣지 컴퓨팅 솔루션인 파워엣지(PowerEdge) 서버 출시
- (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 글로벌한 네트워크 생산 모델의 확대와 함께 등장한 무공장 제조는 Apple, Nike 등의 성공사례를 바탕으로, 극단적인 분업화의 새로운 제조 방식을 제공함으로써 R&D에 대한 집중과 높은 혁신성을 제공하며, 제조 산업의 스마트화를 통한 새로운 트렌드를 선도할 것으로 예상
- 미국, Xometry
 - 발주사가 요구 견적을 업로드 하면 제품 및 공정에 적절한 제조사가 이를 열람하고, 자체 견적 엔진으로 도출된 가격 및 리드타임에 맞춰 제작 가능한 제조사가 이를 수락하면 협업을 진행하는 시스템 개발
- 일본, Transaction
 - 일본의 잡화 전문기업으로 제품의 기획, 디자인 등 고부가가치 영역에 기업의 역량을 집중하고, 제조/생산은 국내외 공장에 위탁하는 비즈니스 모델을 활용 중
- (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 글로벌 업체는 자체적으로 구성된 네트워크와 솔루션 기반으로 스마트공장을 위한 산업에 진출 중이며, 기계학습을 기반으로 예측 분석이 가능한 모듈 제공으로 공장 운영 최적화에 초점을 맞춘 제품과 하드웨어와 소프트웨어를 모두 갖춘 디지털 트윈 솔루션을 개발할 것으로 예상
- 미국, Amazon
 - AWS를 중심으로 AI, ML, 자동화, 로봇 공학 기반의 포괄적인 클라우드를 통해서 제조 작업에 대한 서비스를 제공
- 독일, SIEMENS
 - 제품 개발, 공정 설계, 생산, 품질, 운영과 자동화를 위한 솔루션인 '디지털 엔터프라이즈 소프트웨어 스위트'를 기반으로 통합 솔루션을 제공
 - 클라우드 기반의 오픈 IoT 플랫폼인 MindSphere를 개발하여 디지털 트윈 기술 제공

[연동]

- (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 강화되는 글로벌 환경 규제에 따라 공기 질, 이산화탄소, 온도, 습도, 수질 등 다양한 형태의 환경 모니터링 및 제어 기술의 개발을 통해 에너지 절감을 통한 점차적인 제조 생산성 향상을 통한 환경 저감을 통한 실제적인 효과가 나타날 것으로 예상
- 독일, SIEMENS
 - 독일 SIEMENS AG는 베를린과 뮌헨에 본사를 두고 있는 독일 대기업이며 해외 지사를 두고 있는 유럽 최대의 엔지니어링 회사로써, Evoqua는 수도 및 폐수 처리, 해수 담수화 및 물 네트워크 및 파이프라인 관리 솔루션을 위한 통합 자동화 솔루션 및 드라이브의

종합 포트폴리오를 제공. SIEMENS는 통합 엔지니어링을 통해 플랜트 설계자와 운영자는 계획 단계부터 자동화 및 운영에 이르기까지 응용 프로그램 계획, 분산 제어 시스템 및 장치 구성의 최적화된 조합을 통해 최대 데이터 일관성을 제공

- 인도, ERM Ltd.
 - 인도 ERM Ltd.는 대기 질 및 기후변화, 오염부지 관리, 리스크 평가, 인수합병에 필요한 환경컨설팅, 안전, 기업의 지속가능전략 수립 등의 서비스를 제공
- 인도, SGS India
 - 인도 SGS는 탄소 포집 및 저장(Carbon Capture & Storage; CCS), 환경, 안전보건, 리스크 관리, 지속가능성, 교육 등의 서비스를 제공. SGS에서 제공하는 환경 서비스에는 토양 관련 서비스가 포함되며 토양 샘플링, 분석, 모델링, 토양환경 평가 및 관리, 리스크 평가 등을 통해 고객사의 환경관리 및 해당 국가의 관련 법규준수 여부에 대한 컨설팅을 제공
- 독일, 벤츠
 - 2020년 9월 메르세데스 벤츠는 친환경 스마트 공장인 팩토리56의 가동을 시작하여, 태양광 모듈을 통해 약 5000MW급의 전력을 생산하고, 이를 통해 약 25%의 에너지를 절감할 것으로 예상하고 있으며, 메인 공장 건물은 100% 재활용된 콘크리트로 건설했으며, 공장 옥상의 옥상녹화를 통해 오염된 물과 빗물을 분리하여 빗물을 보관하는 시스템을 구축하여, 주변지역의 용수를 해결하고 새로운 녹지 공간 조성에도 이용될 예정

[서비스]

- (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 확장현실 환경에서 작업자에게 협업을 통하여 설비나 기계의 유지·보수 등 효과적으로 지원할 수 있는 기술로 주목을 받고 있고, 학계와 기업에서 활발한 연구가 진행 중. 하지만, 기술 표준화 시도가 이루어지고 있으나 아직 초기 단계임. 미국의 IT 기업을 중심으로 AR/VR 기반 원격협업에 대한 연구개발이 진행 중이고, Spatial, Microsoft, Facebook, Google 등을 중심으로 HW/SW가 개발되었으며, 추후 보다 다양한 형태의 서비스가 제공될 것으로 예상
- 미국, Spatial
 - 가상모델, 영상 등을 공유하여 협업할 수 있는 플랫폼 제공. 개인의 인물사진으로 아바타를 생성하고, 이를 바탕으로 협업의 직관성을 높임
- 미국, Microsoft/Facebook
 - 비록 스마트공장과 관련된 직접적인 서비스를 개발하지 않지만, 이를 지원하기 위해서는 AR/VR용 스마트 글래스 및 모바일 디바이스가 필수. Microsoft의 HoloLens2는 AR 글래스, Facebook Oculus의 Quest2 VR 기기를 개발 및 시판 중. 현재 메타버스 기술 테스트 기기로 가장 많이 활용 중
- 미국, Google/Apple
 - Google은 ARCore, Apple은 ARKit이라는 AR Toolkit을 개발함. 현재 가장 많이 활용되는 AR 개발용 Toolkit임
- 미국, PTC
 - Vuforia를 인수한 후 Vuforia AR suite을 개발하였으며, 이를 통하여 스마트공장이나 작업자 지원 시스템 개발로 사업 영역을 확장. 최근에는 Vuforia Chalk를 출시하여, 원격협업을 효과적으로 지원

- 독일, SIEMENS
 - 제품과 생산 설비의 전체 라이프 사이클을 효율적으로 관리하는 디지털 엔터프라이즈 솔루션을 출시하고 있으며, Teamcenter와 같은 PLM 솔루션과 연계된 AR/VR 가시화 솔루션을 개발 중
 - 독일, Dassault Systemes
 - 3D Experience AR 협업시스템을 출시하였으며, 데이터 공유, 3D 콘텐츠 재생, 플랫폼 기반 대시보드 생성 등을 제공하여 다양한 협업을 지원
- (5G를 적용한 스마트공장 표준) 5G는 스마트공장에서 eMBB 특성의 물류, 모니터링 기능, eMBB 특성의 음성 및 영상 기반의 통신과 AR/VR을 활용한 장비 관리 등에 적용되고 있으며, 로봇 제어, AMR 운영, 사람과 로봇의 공존 등 URLLC 특성 기반의 서비스도 시험 적용 중. 각각의 서비스에 대해 지난 3~4년 간 개념 적용을 위한 시험 운영이 진행되었으며, 최근 Mercedes-Benz Factory56, AUDI, BMW, e-GO 등의 생산 현장에 상용 적용 시작. 일본, 독일, 프랑스, 영국을 시작으로 5G 특화망 주파수의 할당이 진행되었으며, mid band와 high band를 활용한 산업 적용(주요 적용 산업은 생산 공장)이 시작. 상기 자동차 공장의 상용 생산 현장 적용의 상당 부분이 5G 특화망을 통해 이루어짐. 생산 공장이 5G 특화망을 주로 신청하는 독일과 달리 일본에서는 지자체의 5G 특화망 신청 등 다양한 분야에서 5G 특화망이 활용되고 있으며, 5G 특화망의 시장 성장 예측에 대한 기대감으로 기존 플레이어인 통신 사업자, 통신 장비 회사 이외에 SI 업체의 시장 참여가 두드러질 것으로 전망
- 유럽, 5G-ACIA
 - 2018년 4월 5G의 제조업 적용을 위해 SIEMENS, Bosch, Intel, Ericsson, Nokia, Huawei, Deutsche Telekom, Vodafone, 독일 인공지능 연구소 등이 참여하여 얼라이언스 구축. 5G 표준 및 규제 설립과정에 참여하고 활용사례 및 산업 요구사항을 확인·분석
 - 일본, Robot Revolution Initiative
 - 2015년 5월 일본이 생각하는 4차 산업혁명 표준을 반영하기 위해 설립한 민관협력기구로 가동 중인 워킹그룹은 3개로 IoT에 의한 제조 비즈니스 변혁, 로봇 활용추진, 로봇 이노베이션 등. Bottom-up 방식으로 제조업의 IoT화 관련과제 도출, 국제표준화, 중견·중소기업지원, 유즈케이스 창출, 산업 사이버보안에 주력
 - 일본, IoT 추진 컨소시엄(ITAC)
 - 2015년 10월, 일본 경제산업성과 일본 총무성이 민관협력 하에 IoT 분야 투자촉진 환경조성을 위해 설립한 민관협력기구로서 2016년 10월 미국의 IIC 및 오픈소스 컨소시엄과 IoT 분야 협력 양해각서 체결
 - 중국, 징둥 물류
 - 2019년 물류시장 선도를 위해 차이나모바일과의 협업을 통해 5G기술을 이용한 스마트 물류 어플리케이션 시나리오와 오픈랩 등의 연구개발 추진
 - 미국, IIC
 - 2014년 3월 산업인터넷 주도권 확보를 목표로 설립, 세계 260여개 이상의 멤버가 활동 중. 주요기능은 ① 새로운 유즈케이스 및 테스트베드 혁신 촉진, ② 호환성 확보에 필요한 참조 아키텍처 프레임 정의, ③ 글로벌 표준에 영향력 발휘, ④ 오픈 포럼 운영, ⑤ 보안활동 신뢰구축 등이며, 에너지, 제조, 수송, 헬스케어, 공공 등이 주 대상

- 독일, 프라운호퍼
 - 2018년 11월 스마트공장 파트에서는 '초저지연' 특성을 가진 5G가 기존 공장에 적용되었을 경우 발생할 수 있는 상황에 대한 테스트베드 제공
 - 영국, 우스터셔 5G 컨소시엄
 - 영국 정부는 전국 6개 지역을 중심으로 총 4,100만 파운드(정부 2,500만 파운드) 규모의 5G 테스트 프로그램인 5GTT(5G Testbeds and Trials)를 개시
 - '5G 스마트공장' 테스트베드 지역으로 선정된 '우스터셔'는 약 480만 파운드(한화 약 70억 원)의 예산을 지원받아 실증 프로그램 운영
 - '우스터셔 5G 테스트베드'에서는 참여기관별로 5G 특성에 따라 산업보안, AR, 비주얼 모니터링, 설비 유지보수 등 6개의 프로젝트(Phase 1)를 진행 중
 - 핀란드, 비즈니스핀란드
 - 2019년 4월 비즈니스핀란드(舊 TEKES)의 5G VIIMA는 산업용 5G의 잠재성 연구를 위해 4곳의 지역(오울루, 탐페레, 오타니에니, 에스포)에서 13개의 프로젝트 추진
 - 일본, FANUC
 - 일본의 제조용 로봇, 로봇 머신, 공장 자동화 설비 등을 개발하고 있으며, 로봇 및 공작기계 등 생산 현장 시설의 가동 현황을 IoT 기반으로 모니터링할 수 있는 응용 소프트웨어를 엔트리급 모델로 공급
- (스마트공장 KPI 분석 표준) 전통적인 글로벌 MES 전문 기업을 중심으로 재공재고수준(WIP), 장비가동률, 생산능력, 품질 등의 측정을 위한 KPI 관리를 위한 기능이 추가되고 있으며, 향후 MES 시스템의 경우 클라우드 기반 시스템으로 확장될 예정이며 KPI 항목과 Dashboard 시스템의 연동을 통한 방향으로 추진될 예정
- 독일, MPDV
 - 전 산업을 대상으로 MES 솔루션을 공급하는 전문기업으로 설비활용율(OEE), 품질 등의 KPI 관리를 포함하여 리포팅 기능, 품질예측과 같은 AI 기능의 연동을 진행 중
- (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) 최근 스마트 공장을 더욱 효율적으로 구현하기 위해 빅데이터 분석, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능 등을 더욱 강화한 플랫폼 기술도 등장하고 있고, 이에 더해 딥러닝, GANs 등 인공지능 기술이 최근 비약적으로 발전하면서 일부 스마트공장에 확대 적용되고 있으며, 인간 친화적 AI 체계가 2030년에는 약 30조 원의 시장규모로 성장할 것으로 전망
- 미국, GE
 - GE의 프레딕스는 일종의 PaaS(Platform as a Service, 서비스형 플랫폼)로, 스마트 공장 작업현장 장비인 센서나 디바이스로부터 산업 인터넷을 통해 수집한 방대한 데이터를 클라우드 기반 애플리케이션을 통해 분석하고 각종 모델링과 시뮬레이션을 통해 최적화된 정보를 제공함으로써, 기업의 의사결정에 도움을 주는 서비스를 제공
 - 미국, Rockwell Automation
 - Rockwell Automation의 개발자들은 프로젝트 설목 AI의 분석 기능을 FactoryTalk 플랫폼과 통합시켜 공장 현장의 데이터를 비즈니스 인텔리전스 전략으로 확장시키기 위해 데이터 연결 역량을 구축

[3D 프린팅]

- (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 3D 프린팅 표준 파일에 기반 한 모델 생성 기술과 모델 최적화, 재질 최적화 등을 지원하는 산업용 및 개인용 3D 프린팅 출력 서비스 개발 중이며 대기업 위주로 개인용 보다는 산업용에 적당한 금속, 플라스틱 등을 이용한 프린터 및 재질에 대한 기술 개발 진행될 것으로 예상
 - 미국, Autodesk
 - 3D 프린팅 재질정보를 포함하는 국제표준 파일 포맷(AMF)을 저작하는 도구를 개발하고, 모바일 환경에서 서버-클라이언트 구조를 이용하여 3D 프린팅 콘텐츠를 저작하는 저작 도구 개발, 개인용 및 산업군에서 사용되는 3D 파일 저작 기술 다수 개발
 - 벨기에, Materialise
 - 3D 프린팅 소프트웨어의 최고 기업인 Materialise는 3D 프린팅 파일 자동 수정, 재료 최소화 등 산업용 출력서비스의 전 분야에 걸친 기술을 지속적으로 개발
 - 네덜란드, Shapeways
 - 산업용 및 개인용 프린팅 서비스 모두를 지원하며, 3D 파일 수정 및 개인화 등 개인 맞춤형에 최적화된 3D 프린팅 출력 서비스 기술 개발
 - 미국, Stratasys
 - 세계 최대의 3D 프린터 제조 회사로 FDM과 폴리젯 방식의 3D 프린팅 핵심기술 개발 중이며, 특히 최근 회전 프린팅 플랫폼을 이용한 풀컬러 3D 프린터 개발

[보안]

- (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 사설 5G 서비스를 허용하는 국가를 중심으로 사설 5G 서비스나 솔루션 개발이 활발하게 진행 중이며, 보안 서비스를 포함한 토털 솔루션 형태로 상용 솔루션이 출시될 것으로 예상
 - 독일, 5G-ACIA
 - 5G-ACIA는 독일전자산업협회(ZVEI)가 업계 파트너들과 산업 도메인용 5G 설계를 위해 설립·발족한 글로벌 포럼으로서, 4가지 유형의 사설 5G 구축 모델을 발표
 - 미국, Verizon
 - AWS Outpost와 협력하여 공장, 물류 회사, 대기업, 학교 등에 사설 5G 망과 사설 MEC를 제공해 주는 서비스를 출시
 - 일본, NTT Communications
 - 일반 기업이 스스로 사설 5G 망을 구축하고 운영하는 어려움을 해소하기 위해, 사설 5G 망의 기획, 설계, 구축, 운용, 유지보수까지 서비스로 제공하는 서비스를 출시
 - 일본의 장비 제조사인 NEC, Fujitsu 등에서도 동일한 서비스를 출시
 - 핀란드, Nokia
 - 5G 장비 제조사인 Nokia에서 기업용 사설 5G 네트워크 솔루션인 NDAC(Nokia Digital Automation Cloud)를 출시
 - 독일, Bosch
 - 2020년 8월부터 자사 반도체 공장에 이동통신사 5G 망과 독립적인 사설 5G 망을 구축하고 테스트를 시작

2.4. IPR 현황 및 전망

○ 특허분석 개요

- (기술의 범위) 스마트 공장 중점 표준화 항목으로 기존 제시된 항목 중에서 1개, 신규 제시된 항목 중에서 6개의 중점 표준화 항목*을 선정하여 분석을 진행함
 - * CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준, 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준, 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준, 5G를 적용한 스마트공장 표준, AI 기반 스마트공장 요구사항 표준, 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준, 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준
- (분석 대상 및 범위) 분석 대상은 한국, 미국, 일본, 유럽특허청 및 국제특허로 한정하였고, 출원일자를 기준으로 하여 2001년 1월 1일 ~ 2021년 6월 30일까지 등록 또는 공개된 특허로 한정하여 중점 표준화 항목별로 검색 및 추출된 총 1713건¹⁾의 특허를 대상으로 분석함

< 스마트공장 분야 특허분석 범위 >

국가	검색DB	분석구간	검색범위
한국	keyword	2001.01.01. ~ 2021.06.30.* (출원일자 기준)	특허 공개 및 등록 전체문서
일본			
미국			
유럽			
WO			

* 선정된 항목 중에서, CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준 항목은, 2020년도에 분석한 바 있어, 2020년도 분석 구간 중에서 상기 분석 구간과 중복되는 구간 내에 출원된 148건 및 중복되지 않는 구간(2019.06.30. ~ 2021.06.30.)의 특허를 더 포착하여 분석함

- (핵심키워드 및 검색식) 특허분석 대상 중점 표준화 항목별 담당 위원을 통해 수집한 핵심키워드를 조합하여 특허분석 항목별 검색식을 작성함

< 스마트공장 분야 특허분석을 위한 키워드 및 검색식 >

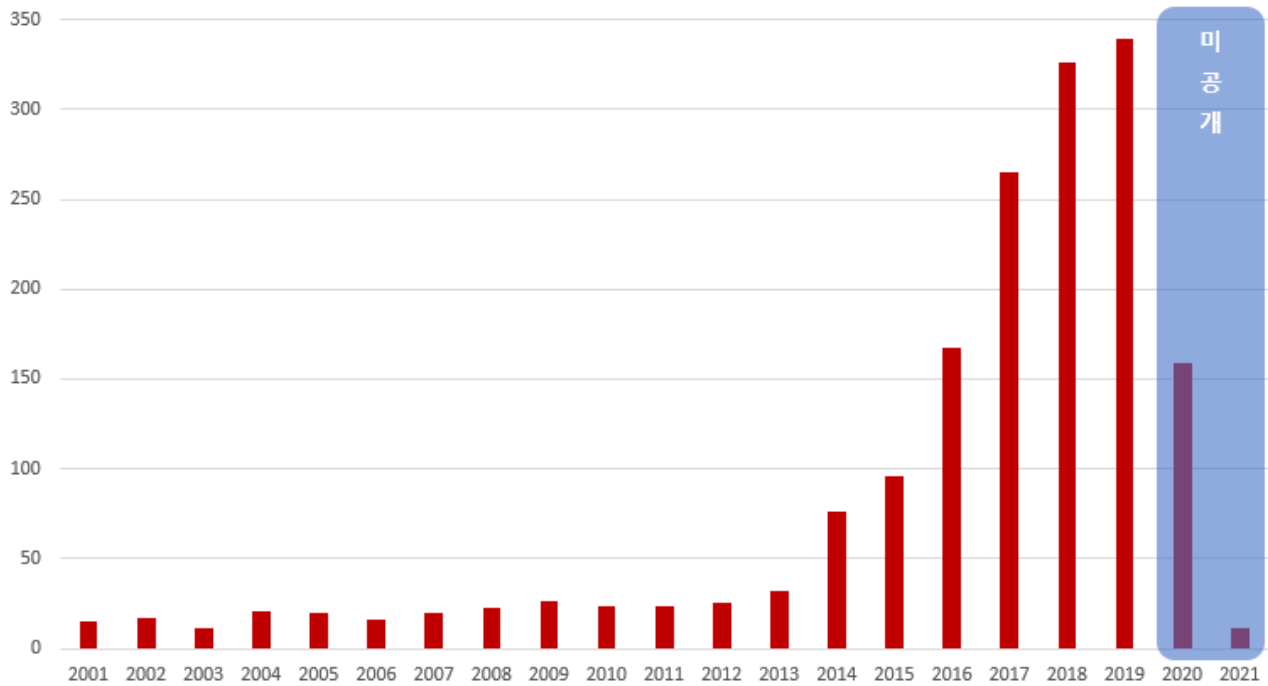
특허분석 항목	핵심키워드	특허 검색식
CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	<p>[국문] 디지털트윈, CPS, CPPS, 스마트팩토리, 스마트공장, 스마트제조, 가상팩토리, 가상공장, 가상제조시스템, 모델링, 시뮬레이션, 제조플랫폼, 제조 디지털 트윈, 디지털 제조 트윈, RAMI4.0</p> <p>[영문] Digital Twin, CPS(Cyber-Physical System), CPPS(Cyber Physical Production</p>	<p>((스마트* 지능형* 자동화* smart* intelligent* automat*) N/2 (공장* 팩토리* 제조* 산업* 생산* factory* manufactur* industry*)) and ("디지털 트윈" 디지털-트윈 (디지털 N/1 트윈*) digitaltwin* "digital-twin" "digital twin" 가상제조* "가상 제조" "virtual manufacturing" 가상물리* 가상-물리 "가상 물리" "CPS" "CPPS" (cyber N/1 physical) "cyber-physical" 모델링*</p>

1) 우선권 주장 제도를 통해 하나의 발명을 여러 국가에 출원할 수 있고, 우선권 주장 제도로 묶인 특허 출원들(소위 패밀리 특허)은 하나의 특허 출원으로 보고 계산함. 패밀리 특허를 이루는 개별 특허들의 합은 5747건임

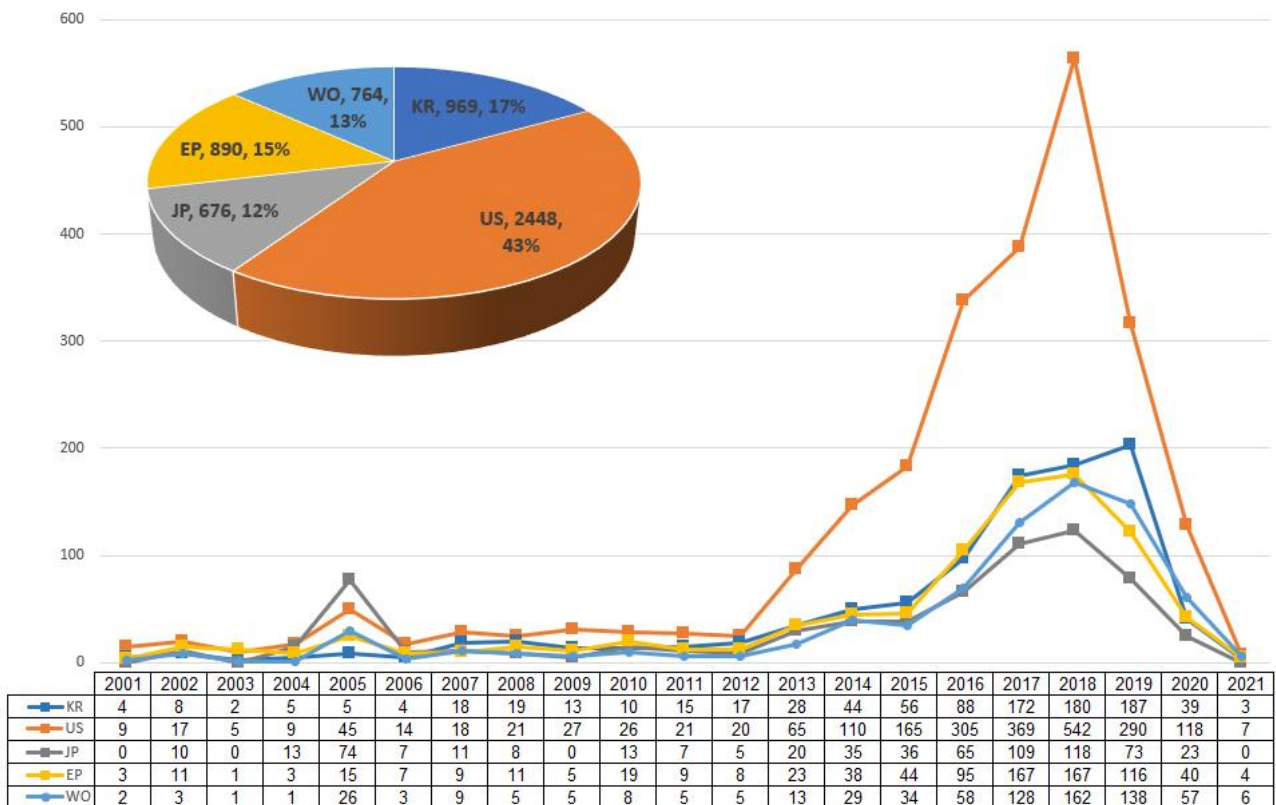
특허분석 항목	핵심키워드	특허 검색식
	System), Smart Factory, Smart Manufacturing, Virtual Factory, Virtual Manufacturing System, Modeling, Simulation, Manufacturing Platform, Manufacturing Digital Twin, RAMI4.0	modeling* 시물레이션* 씨물레이션* simulation* 가상팩토리* "가상 팩토리" 가상공장* "가상 공장" "virtual factory" 제조플랫폼* "제조 플랫폼" "manufacturing platform" 제조디지털 트윈* 디지털제조트윈* "RAMI4.0")
스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	<p>[국문] 엣지컴퓨팅, 포그컴퓨팅, 이더넷, 사물인터넷*인터페이스, 사물인터넷*프로토콜, 메시징, 브로커, 모드버스, 설비자동화, 사물인터넷*센서, 사물인터넷*플랫폼, 소켓, 사물인터넷 센서</p> <p>[영문] MQTT, RestAPI, iiot*interface, keppure, edge, fog, iiot*protocol, ethernet, messaging, broker, RTU, CoAP, Modbus, OPC, OPC UA, OPC DA, JCO, Json, IoT Platform, Socket, PLC, IoT Sensor</p>	<p>ab:(((엣지 edge fog 포그) N/1 (컴퓨팅 computing)) ((사물인터넷 사물-인터넷 (사물 N/1 인터넷) "iot" "iiot") N/2 (프로토콜 메시징 플랫폼 센서 소켓)) 브로커 모드버스 (설비자동화 (설비 N/1 자동화)) "MQTT" restapi ("iot" "iiot") N/1 (interface protocol socket sensor platform)) "PLC" "RTU" broker messaging "CoAP" modbus "OPC" ("OPC" N/1 ("DA" "UA")) "JCO" "JSON") AND IPC:(G05B-019/05 G06F-017/50 H04L-029/06)</p>
스마트공장 환경저감 설비 운영 표준	<p>[국문] 친환경 공장, 환경 저감 장치, 환경 모니터링 시스템, 오염 감시 장치, 친환경 설비, 온실가스 배출 감지 장치, 환경 경영 시스템, 온실가스 저감 설비, 질산 설비 시스템</p> <p>[영문] Eco-friendly factory, Green factory, Smart Monitoring, environmental reduction device, environmental monitoring system, pollution monitoring, eco-friendly equipment, green factory, greenhouse gas emission detection device, environmental management system</p>	<p>((환경, 친환경) N/1 (공장, 저감, 모니터링, 설비, 경영)), ((오염, 온실, (온실 N/1 가스), 온실가스) N/2 (배출, 감시, 감지, 검지, 탐지, 저감, 절감, 감축)), ((질산*, 아질산*) N/2 (설비, 장비, 장치)), ((eco*, green, greenhouse) N/2 (factory, emission, equipment, device)), (environment* N/1 (management, monitoring, detection))</p>
5G를 적용한 스마트공장 표준	<p>[국문] 인더스트리얼 이더넷 무선 대체, 디지털 트윈, 통합 무선망, 실내 측위, 특화망, 관제, 운영, 유지보수, 공동망, 릴레이, 산업적용, 사업지원, 네트워크 슬라이스, 네트워크 익스포저, 엣지 컴퓨팅, 엔터프라이즈 코어, 실내용 라디오, 실내 측위</p> <p>[영문] critical IOT, URLLC, mMTC, eMBB, AGV, AMR, AR/VR, digital twin, private network, local license, NR-U</p>	<p>(critical N/1 "IOT") , "URLLC", "mMTC", "eMBB", "AGV", "AMR", "AR", "VR", (digital N/1 twin) , (private N/1 network) , (local N/1 license) , "NR-U", ((사물, 산업, 인더스트리*) N/1 (인터넷, 이더넷)) , (디지털 N/1 트윈) , (통합 N/1 무선) , (실내 N/1 (라디오, 측위)) , ("3gpp", "NR", ((new) N/1 (radio))) , (네트워크 N/1 (슬라이스, 익스포저)) , ((엣지, 에지, edge) N/1 (컴퓨팅, computing)) , (엔터프라이즈 N/1 코어)</p>

특허분석 항목	핵심키워드	특허 검색식
AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	<p>[국문] 딥러닝 기반 결함 분류, AI 기반 품질관리, 고급 공정 제어, 이상 감지 기술, 통계적 공정 관리, 분산 분석, 주성분 분석, 공정 이상 진단, 선형판별분석 LDA, 불량 분류를 위한 앙상블 모델</p> <p>[영문] Image-based defect classification, QA based on AI, APC(Advanced Process Control), FDC(Fault Detection & Control), SPC(Statistical Process Control), ANOVA(Analysis of Variance), PCA(Principal Component Analysis) in AI, Process Abnormality diagnosis, Linear Discriminant Analysis, Ensemble model for defect classification</p>	(인공지능, "AI", (artificial N/1 intelligence)) and (품질, 공정, 이상, 고장, 공정, defect, "QA", "APC", (advanced N/1 process), "FDC", (fault N/1 detection), "SPC", (statistical N/1 process), "ANOVA", (analysis N/2 variance), "PCA", (principal N/2 (analysis, component)), (process N/1 abnormality), (linear N/1 discriminant), (ensemble N/3 (model, defect, classification))), 선형판별, "주성분", (불량 N/1 분류), (앙상블 N/1 모델))
3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	<p>[국문] 3D 프린팅, 적층제조, 파일포맷, 데이터 포맷, 메타데이터, 쓰리디, 3차원, 출력, 서비스, 구조, API, 모델링, 메디컬, CT, 재질, 머터리얼, 클라우드, 플랫폼</p> <p>[영문] 3D print, printing, 3 dimensional, additive manufacture, file format, data format, data representation, service, API, structure, modeling, medical, CT, material, cloud, platform</p>	((3D, 3차원, 삼차원, 쓰리디, "3-dimensional", "three-dimensional", "threedimensional") N/1 (printer, print*, 프린터, 프린팅, 인쇄)), 3차원프린*) and ("적층제조", ((additive, 적층) N/1 (manufacturing, 제조)), 서비스, 모델링, 메디컬, "CT", 재질, 머터리얼, 클라우드, 플랫폼, platform, medical, cloud, platform, format, representation, file, data, service, "API", structure)
사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준	<p>[국문] 사설 5G, 로컬 5G, 5G 특화망, 5G 보안, 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅 보안, 모바일 엣지 컴퓨팅 보안, 스마트 공장 보안, 스마트 제조 보안, 융합 보안, 산업 제어 시스템 보안, 산업 네트워크 보안, 5G 사물인터넷 보안</p> <p>[영문] private 5G, non-public network, local 5G, 5G security, MEC security, multi-access edge computing security, smart factory security, OT security, operational technology security, ICS security, industrial control systems security, industrial networks security, 5G industrial IoT security</p>	dsc:((스마트* 지능형* 자동화* smart* intelligent* automat*) N/2 (공장* 팩토리* 제조* 산업* 생산* factory* manufactur* industry*)) and (((사설 로컬 보안 특화 "IoT" 사물 private security private local (non n/1 public)) n/1 ("5G" "NR" (new a/1 radio))) or ((보안 security) n/1 ("MEC" ((멀티 multi) n/1 (액세스 액세스 access)) 공장 팩토리 factory 제조 produc* manufcatur* 산업 industr* 네트워크 network)))

○ 스마트공장 분야 연도별 특허출원 동향



< 스마트공장 분야 연도별 특허출원 동향 >



< 스마트공장 분야 발행국별 연도별 특허출원 동향²⁾ >

2) 패밀리 특허를 구성하는 개별 특허 출원을 대상으로 집계함.

- 스마트공장 분야 연도별 특허 출원 동향을 살펴보면, 2000년~2013년까지 큰 폭의 증감 없이 출원이 이루어지다가, 2014년부터 증가하기 시작하여 2017년에 가장 크게 증가함
- 스마트공장 분야의 한국, 미국, 일본, 유럽 특허청 및 국제 특허 누적 출원건수를 살펴보면, 미국 특허청(43%)을 대상으로 주된 특허 출원이 이뤄지고 있고, 그 다음으로 한국 특허청(17%), 유럽 특허청(15%), 국제 특허(13%) 및 일본 특허청(12%)인 것으로 나타남
- 국가별 특허 출원은 출원인의 국적을 기준으로, (1) 자국에 먼저 출원하는 동향 및 (2) 라이선스 전략 및 사업 대상 국가를 종합적으로 고려하여 선정된 하나 이상의 타국에 출원하는 동향을 나타냄. 이러한 동향에 기반 할 때에, 스마트공장 분야에서 사업을 영위하는 출원인은 최다 출원국인 미국을 주요한 시장으로 보고 있다고 해석할 수 있음
- 2013년 이후의 출원 성장세는 모든 국가에서 성장이 이루어졌으며, 그 중에서 미국 특허청을 대상으로 한 출원 건수가 큰 폭으로 증가했기 때문으로 분석됨

○ 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 연도별 특허출원 동향

< 스마트공장 분야 특허분석 항목별 연도별 특허출원 동향 >

특허분석 출원 연도	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	스마트 공장 환경저감 설비 운영 표준	5G를 적용한 스마트 공장 표준	AI 기반 스마트 공장 요구사항 표준	3D프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	사실 5G 기반 스마트 공장 보안기술 표준	합계
2001	10	0	2	0	0	0	3	15
2002	6	1	4	0	3	0	3	17
2003	7	0	1	0	0	0	3	11
2004	7	1	7	0	1	0	5	21
2005	7	1	6	0	2	0	4	20
2006	9	1	3	0	1	0	2	16
2007	4	1	12	0	0	0	3	20
2008	8	1	13	0	0	0	1	23
2009	10	6	8	0	0	0	2	26
2010	10	1	10	0	0	1	2	24
2011	9	3	10	0	0	0	2	24
2012	9	3	9	0	0	2	2	25
2013	4	4	9	0	0	9	6	32
2014	8	6	22	0	4	20	16	76
2015	9	11	18	0	1	51	6	96
2016	12	14	28	6	3	87	17	167
2017	14	15	27	35	9	156	9	265
2018	5	34	30	73	26	142	16	326
2019	6	43	25	77	75	94	19	339
2020	6	17	6	47	24	46	13	159
2021	0	1	0	7	0	0	3	11
합계	160	164	250	245	149	608	137	1,713

- 특허분석 항목별 특허 출원을 살펴보면, 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준(608건), 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준(250건), 5G를 적용한 스마트공장 표준(245건), 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준(164건), CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준(160건), AI 기반 스마트공장 요구사항 표준(149건), 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준(137건) 순으로 특허 출원을 많이 하고 있는 것으로 나타남
- 연도별 특허 출원 현황을 살펴보면, 누적 출원 건수가 가장 많은 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야는, 그 출원 건수가 2015년을 기점으로 폭발적으로 증가하는 모습을 보이고 있음. 이로 인해, 지속적으로 출원이 이루어지고 있던 다른 분야(스마트공장 환경저감 설비 운영 표준 분야 및 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준 분야)를 제치고 최다 출원이 이루어진 분야로 결정됨
- 이 외에도, 5G 표준화가 본격적으로 시작된 2017년을 기점으로, 5G를 적용한 스마트공장 표준 분야가 새롭게 등장함. 해당 분야는 5G 상용화된 2020년 직전까지 활발히 출원이 이루어진 것으로 파악됨

○ 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 구간별 역점 분야

< 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 구간별 특허 출원 현황 >

특허분석 항목	구간A (2011년~2013년)	구간B (2014년~2016년)	구간C (2017년~2019년)
CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	22	29	25
스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	10	31	92
스마트공장 환경저감 설비 운영 표준	28	68	82
5G를 적용한 스마트공장 표준	0	6	185
AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	0	8	110
3D프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	11	158	392
사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준	10	39	44

- 2011년부터 미공개 구간을 제외한 최근(2019년)까지 특허분석 항목에 대한 출원연도 기준 3년 단위로 구분한 구간별 특허출원 현황을 살펴보면, 구간A에서 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준 분야가, 구간B 및 구간C에서 3D 프린팅 파일 포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야 특허 출원이 가장 활발한 것으로 나타남
- 구간A에서 구간C로 진행됨에 따라, 특허 출원 건수가 전반적으로 증가한 것으로 나타남
- 구간A→B에서 가장 크게 출원 건수가 증가한 항목은 3D 프린팅 파일 포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야(147건↑) 및 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준 분야(40건↑)로 나타났으며, 구간B→C에서 가장 크게 출원 건수가 증가한 항목은 5G를 적용한 스마트공장 표준 분야(179건↑) 및 3D 프린팅 파일 포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야(102건↑)로 나타남

○ 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 발행국별 특허출원 동향

< 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 발행국별 특허출원 동향³⁾ >

특허분석 항목 특허 발행국	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	스마트 공장 환경저감 설비 운영 표준	5G를 적용한 스마트 공장 표준	AI 기반 스마트 공장 요구사항 표준	3D프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	사설 5G 기반 스마트 공장 보안기술 표준	합계
한국특허 (KR)	45	105	292	83	140	252	52	969
미국특허 (US)	74	404	187	331	133	1074	245	2,448
일본특허 (JP)	6	17	136	60	122	286	49	676
유럽특허 (EP)	12	60	108	177	26	412	95	890
국제특허 (WO)	24	43	76	196	48	311	66	764
합계	161	629	799	847	469	2335	507	5,747

- 특허분석 항목에 대한 특허발행국별(한국, 미국, 일본, 유럽, 국제) 특허출원 동향을 살펴보면, 전반적으로 미국 및 한국에서 특허출원이 활발한 것으로 나타남
- 한국특허청에 대하여, 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준(292건), 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준(252건), AI 기반 스마트공장 요구사항 표준(140건), 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준(105건), 5G를 적용한 스마트공장 표준(83건), 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준(52건), CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준(45건) 순으로 특허 출원이 활발한 것으로 나타남
- 미국특허청에 대하여, 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준(1074건), 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준(404건), 5G를 적용한 스마트공장 표준(331건), 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준(245건), 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준(187건), AI 기반 스마트공장 요구사항 표준(133건), CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준(74건) 순으로 특허 출원이 활발한 것으로 나타남
- 유럽 특허청은 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준(412건), 5G를 적용한 스마트공장 표준(177건), 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준(108건), 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준(95건), 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준(60건), AI 기반 스마트공장 요구사항 표준(26건), CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준(12건) 순으로 특허 출원이 활발한 것으로 나타남

3) 패밀리 특허를 구성하는 개별 특허 출원을 대상으로 집계함.

○ 한국특허에서의 주요 출원인별 특허출원 현황

< 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 상위 다출원인 동향 >

출원인	특허분석 항목	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	스마트 공장 환경저감 설비 운영 표준	5G를 적용한 스마트 공장 표준	AI 기반 스마트 공장 요구사항 표준	3D프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	사설 5G 기반 스마트 공장 보안기술 표준	합계
XYZPRINTING, INC.		-	-	-	-	-	50	-	50
UNIVERSAL DISPLAY CORPORATION		-	-	23	-	-	-	-	23
한국생산기술연구원		-	1	-	-	16	6	-	23
XEROX CORPORATION		-	-	-	-	-	21	-	21
LG ELECTRONICS INC.		-	9	-	9	1	1	-	20
한국전자통신 연구원		2	5	-	1	6	2	4	20
QUALCOMM Incorporated		-	-	-	15	-	-	-	15
Samsung Electronics Co., Ltd.		-	-	-	8	4	1	2	15
서울과학기술대 학교 산학협력단		-	-	12	-	-	-	-	12
한국에너지기술연구원		-	-	10	-	-	-	-	10
합계		2	15	45	33	27	81	6	209

- 한국특허청의 상위 TOP10 출원인은 전체 출원 건수(969건) 중 21.5%(209건)를 출원했으며, 대만의 XYZprinting(New Kinpo group의 자회사)가 50건으로 가장 많이 출원한 것으로 나타남
- 상위 TOP10 출원인은 전반적으로 3D 프린팅 파일 포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야(81건) 및 스마트 공장 환경 저감 설비 운영 표준 분야(45건)에 과반 수준(60.6%)으로 집중 출원하고 있음
- 이외에도 한국생산기술연구원은 AI 기반 스마트 공장 요구 사항 표준 분야에, LG전자는 스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준 분야 및 5G를 적용한 스마트 공장 표준 분야에 집중하고 있는 것으로 분석됨
- 한국 특허청에는 주로 국내 기업·기관이 출원하고 있으며, 해외 기업으로는 XYZ printing, XEROX, Qualcomm이 존재하는 것으로 나타남

○ 해외특허에서의 주요 출원인별 특허출원 현황

< 스마트공장 분야 특허분석 항목에 대한 상위 다출원인 동향 >

출원인	특허분석 항목	CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	스마트 공장 환경저감 설비 운영 표준	5G를 적용한 스마트 공장 표준	AI 기반 스마트 공장 요구사항 표준	3D프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	사설 5G 기반 스마트 공장 보안기술 표준	합계
XYZPRINTING, INC.		-	-	-	-	-	310	-	310
QUALCOMM Incorporated		-	-	-	248	-	-	3	251
Strong Force IoT Portfolio 2016, LLC		-	134	-	-	34	-	22	190
Fisher-Rosemount Systems, Inc.		-	-	-	-	136	-	10	146
XEROX CORPORATION		-	-	-	-	-	112	-	112
Hewlett-Packard Development Company, L.P.		-	-	-	-	-	104	-	104
CAUSAM ENERGY, INC.		-	89	-	-	-	-	-	89
Stratasys Ltd.		-	-	-	-	-	78	-	78
UNIVERSAL DISPLAY CORPORATION		-	-	74	-	-	-	-	74
LG ELECTRONICS INC.		-	30	-	33	3	3	-	69
합계		0	253	74	281	173	607	35	1,423

- 한국 특허청을 제외한 미국, 일본, 유럽특허청 및 PCT 국제특허 출원 건의 상위 TOP10 출원인은 전체 출원 건수(5,747건) 중 24.8%(1,423건)를 출원했으며, XYZprinting Inc.,이 310건으로 가장 많이 출원한 것으로 나타남
- 그 다음으로 QUALCOMM Incorporated(251건), Strong Force IoT Portfolio 2016, LLC(190건), Fisher-Rosemount Systems, Inc.(146건), XEROX CORPORATION(112건), Hewlett-Packard Development Company, L.P.(104건), CAUSAM ENERGY, INC.(89건), Stratasys Ltd.(78건), UNIVERSAL DISPLAY CORPORATION(74건), LG ELECTRONICS INC.(69건) 순으로 나타남
- 상위 TOP10 출원인은 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준에 607건, 5G를 적용한 스마트공장 표준에 281건, 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준에 253건, AI 기반 스마트공장 요구사항 표준에 173건, 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준에 74건, 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준에 35건을 출원한 것으로 나타남

- 또한 Qualcomm은 5G를 적용한 스마트 공장 표준 분야에 집중 출원하고 있음. 이외에도 Strong Force intellectual capital이 스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준 분야 및 AI 기반 스마트 공장 요구 사항 표준 분야에 집중 출원하고 있음
- 국내 기업으로 LG전자가 스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준 분야 및 5G를 적용한 스마트 공장 표준 분야에서 활발히 해외 출원을 수행하는 것으로 나타남
- CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준 분야의 경우, 국외 상위 다출원인에 정렬되지 않았지만 Rockwell Automation(8건), Taiwan Semiconductor(7건), IBM(6건)이 포착되었음

○ 결론

- 스마트공장 분야 특허 출원은 2014년부터 본격적으로 증가하기 시작하였는데, 특히 미국 특허청의 출원이 크게 증가하였음
- 3D 프린팅 파일 포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준 분야의 출원이 활발하며, 2015년을 기점으로 출원 건수가 크게 증가하여, 스마트공장 분야 전체의 출원 증가에 가장 크게 기여함. 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준 분야 및 5G를 적용한 스마트공장 표준 분야가 그 뒤를 따르고 있음
- 한국의 기업·기관은 한국특허청에는 활발하게 출원하고 있으나, 한국 특허청 외의 출원 상위 TOP10에 1개 기업만 포함되어, 관련 기술의 연구개발을 통해 해외 출원에도 관심을 기울일 필요가 있음

2.5. 표준화 현황 및 전망

표준화 특성	<input type="checkbox"/> 개념/정의, <input checked="" type="checkbox"/> 유즈케이스/요구사항, <input type="checkbox"/> 기능/참조구조, <input type="checkbox"/> 데이터포맷/스키마, <input type="checkbox"/> 프로토콜/인터페이스, <input type="checkbox"/> 시험/가이드라인	표준 수준	79.3% (선도국가 대비)
※ 표준 수준은 “ICT 표준화 기술 및 표준 수준 조사” 설문조사에 의한 결과 값을 활용			

구분	표준화 기구		표준화 현황
국제 (공식)	ISO	TC184 SC4	(WG12-STEP product modelling and resources) 제품을 개발 및 생산할 때 서로 다른 자동화 시스템 간의 제품 정보를 교환하기 위한 인터페이스를 정의하는 표준을 제공 (WG15-Digital Manufacturing) 정보화시스템을 통해 제조환경을 운영 및 관리하기 위한 제조 디지털 트윈 표준(ISO 23247)을 제공
		TC184 SC5	(WG12-Convergence of informatization and industrialization) 제조기업의 정보통신기술 적용에 대한 수준진단 평가 프레임워크 및 평가지표 관련 표준 개발 (WG13-Equipment Behaviour Catalogue) 제조 장비의 성능을 포함하는 기능을 모델링하여, 가상의 공장에서 시뮬레이션을 지원하는 ‘장치의 동작을 표현하기 위한 카탈로그(ISO 16400, Equipment Behaviour Catalogue(EBC))’ 표준을 제공
		TC261	(Additive manufacturing) 프로세스, 용어 및 정의, 파일포맷, 프로세스 체인(HW/SW), 시험절차, 품질 변수 공급계약 등 모든 적층제조 관련 분야의 표준화 진행 중 (JG64-Additive Manufacturing File Format) 3D 프린팅 파일 포맷 ver 1.2 개발 완료 (JG70-Optimized medical image data) 메디컬 프린팅 응용 표준 개발 (JG73-Digital product definition and data management) 미래의 제조 기술과 현 제조 기술 연동에 필요한 데이터 교환 및 포맷을 포함하는 프레임워크 표준을 제안
		TC299	(WG3-Industrial safety) 서비스 로봇 위주로 표준화를 진행하고 있으며, 서비스 로봇 모듈화(ISO 22166), 서비스 로봇 성능과 테스트 방안(ISO 18646) 표준을 제공
		TC207 SC1	(WG11-Applying ISO 14001 framework to environmental aspects by topic areas) 기업의 환경 관리에 대한 요구사항을 제시하고 환경 관리 시스템(ISO 14001) 구축을 위한 표준 개발
		TC207 SC7	(WG11-Climate change risk assessment) 기후 변화 적응과 관련된 취약성, 영향 및 위험 평가에 대한 표준 개발
	IEC	TC65	(WG23-Smart Manufacturing Framework and Concepts for industrial-process measurement, control and automation) 산업 공정 측정, 제어 및 자동화를 위한 스마트제조 프레임워크 및 개념 표준을 제공 (JWG21-Smart Manufacturing Reference Model(s)) 산업 공정 측정, 제어 및 자동화와 관련된 표준을 개발하는 IEC TC65와 ‘자동화 및 통합’과 관련된 표준을 개발하는 ISO TC184가 스마트제조 참조모델 표준을 공동으로 개발

구분	표준화 기구		표준화 현황
		TC65 SC65E	(JWG5-Enterprise-control system integration) 기업용 제어 시스템 통합을 위해 시스템 계층별 모델과 인터페이스를 주요 표준화 대상으로 하고 있으며, 시스템 통합 기반의 서비스를 위해 계층별 모델과 인터페이스 기반의 서비스 표준을 개발
		SyC SM	(Smart Manufacturing) 스마트제조에서 사용하는 개념 및 참조 구조 모델에 대한 연구를 수행하고, 참조 모델의 기능 및 도메인 정의, 유즈케이스 도출, 유즈케이스에 해당하는 IEC TC 및 SC 확인을 통한 신규 표준화 항목 도출 기능 제공
	JTC1	SC24	(WG6-Augmented reality continuum presentation and interchange) 컴퓨터 그래픽스, 영상처리 및 환경데이터 표현 분야에 대한 표준과 이를 바탕으로 하는 가상현실, 증강현실, 정보의 상호작용을 위한 시각적 표현에 대한 표준화 작업을 수행
		SC29	(WG3-MPEG Systems) 실감미디어 및 몰입형 미디어 획득, 저장 및 전송 기술에 대한 표준화 작업을 수행 (WG7- MPEG 3D GRAPHICS CODING) 미디어 사물인터넷에 대한 표준화 작업을 수행
		SC38	(WG3-Cloud Computing Fundamentals(CCF), WG5-Data in Cloud Computing and Related Technologies) 클라우드 컴퓨팅 관점에서의 엣지 컴퓨팅 표준 개발
		SC41	(Internet of things and digital twin) 사물인터넷 관점에서의 엣지 컴퓨팅 표준 개발
		WG12	(3D Printing and scanning) - Additive Manufacturing Service Platform 구성요소 및 워크플로우에 따른 3D 프린팅 서비스 플랫폼 정의 - 메디컬 프린팅 응용 표준 개발을 위한 일반 요구사항과 영역분할에 대한 구체적이 요구사항 표준 개발
	ITU-T	SG11	(WP3/Q7-Signalling requirements and protocols for network attachment including mobility and resource management for future networks and IMT-2020) - 통신사업자간 연동을 위해 2022년 완성을 목표로 '연합 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅' 표준 제정을 추진 중 - 에지에 위치한 장비들이 단순한 데이터 수집 및 전송의 역할만을 수행하던 것을 인공지능 기능을 부여하여 다양한 AI응용을 지원할 수 있게 IEC(Intelligent Edge Computing) 작업을 진행 중
		SG13	(WP1/Q22-Upcoming network technologies for IMT-2020 and Future Networks) 미래인터넷 표준에서 엣지 영역을 포괄하는 분산 클라우드 표준을 개발
		SG16	(WP3/Q5-Artificial intelligence-enabled multimedia applications) 스마트공장에서 수집되는 빅데이터에 대해 AI 기술로 분석하고, 분석결과를 작업장, 조립라인, 설비, 제조공정 등에 적용하여 효율성을 극대화하기 위한 항목에 대한 요구사항 표준을 정의

구분	표준화 기구		표준화 현황
		SG17	(WP2/Q2-Security architecture and network security) IMT-2020/5G 네트워크를 포함한 통신 환경에서의 표준 보안 솔루션을 제공하기 위한 보안 구조 및 프레임워크 표준을 개발
		SG20	(WP1/Q2-Requirements, capabilities and architectural frameworks across verticals enhanced by emerging digital technologies) IoT 환경에서 사용할 수 있는 스마트 미터링 프레임워크, 엣지 컴퓨팅 게이트웨이 표준 개발
	ETSI	ISG MEC	<p>(Multi-access Edge Computing)</p> <ul style="list-style-type: none"> - MEC 개념을 정리하고 MEC관련 서비스 시나리오, 용어, 참조표준, API 등 약 35종 이상의 표준화를 완료하였으며, 2단계로 기존 표준의 업데이트 및 새로운 활용 시나리오 등을 개발 중 - 2019년 2월에 DECODE(Deployment and Ecosystem Development) 워킹그룹을 신설하여 MEC APIs 표준을 사용하는 서비스와 MEC 정의 프레임워크를 사용하는 시스템의 구현 및 시장 채택을 가속화하는데 필요한 표준을 개발
국제 (사실)	3GPP	SA	<p>(SA1-Services) 스마트공장을 포함한 mMTC, eMBB, URLLC 유즈케이스에 대한 분석을 통해 성능 요구 사항 도출. Cyber physical 시스템 유즈케이스와 성능 요구사항 정의(TS22.104). Rel.17에서 요구사항에 대해 업데이트 진행 중</p> <p>(SA2-System Architecture and Services) 5G 네트워크 구조에 있어서 사실 5G와 MEC 개념을 지원하기 위한 시스템 구조 표준을 개발</p> <p>(SA3-Security) 5G 시스템의 보안 구조와 주요 절차에 대한 표준을 정의하면서, 사실 5G에 대한 보안 절차에 대한 표준을 개발</p> <p>(SA6-Mission-critical applications) 5G 응용 표준으로 5G네트워크와 엣지 응용 플랫폼 연동 구조 표준을 개발</p>
		RAN	(RAN1-Radio layer 1) NB-IoT와 Cat-M 기반 mMTC 지원 기술 개발 완료. URLLC 기반을 Rel.15에서 표준화 완료. Rel.16의 표준화를 통해 기능 향상 표준화 완료하였으며, Rel.17에서 표준 진화를 계획 중
	ISA	95	(Enterprise-Control System Integration) 공급업체와 제조업체, 비즈니스 시스템과 제조 시스템 간의 일관된 정보 모델 제공 및 애플리케이션 기능을 명확히 하여 일관된 운영 모델을 제시하며, 기업 시스템 계층 간 정보 교환을 위한 프로파일 표준을 개발
	ASME	Y14	<p>(SC41-Digital Product Definition Data Practices) 제품에 대한 디지털 표현 및 디지털 데이터 세트에 대한 정의와 디지털 형식의 도면을 사용하기 위한 기존의 ASME 표준에 대한 예외 및 추가 요구사항 표준을 정의</p> <p>(SC47-3D MODEL DATA ORGANIZATION SCHEMA) 모델 기반 엔터프라이즈(MBE) 실현을 위한 제품 정의와 3D 모델 및 기타 관련 정보 구성하기 위한 스키마와 데이터 교환 인터페이스 표준을 정의</p>
	ASTM		(E60.13) 지속가능성 결정과 향상을 위해 프로세스 및 장비 성능에 따른 산업 제조 프로세스를 특성화하는 표준 개발을 진행 중
	Khronos Group		(OpenXR WG) AR/VR 응용 개발을 위한 인터페이스 표준으로서 디바이스 계층과 응용 계층으로 분리하여 인터페이스를 개발
	OMASpecWorks		(Contents Delivery) 출력서비스 표준 플랫폼으로 모바일 3D 프린팅 명령 전송을 위한 DWAPI-3DP(Device Web API - 3D Printing) 표준 개발

구분	표준화 기구		표준화 현황
국내	TTA	PG413	(지능형 로봇) S/W 프레임워크, 안전성 기술, 인간-로봇 상호작용, 응용 서비스 분야에 대한 111종의 단체표준 개발
		PG415	(지능형 디바이스) 지능형 디바이스 및 응용 기술 분야 표준으로 웨어러블 디바이스 네트워크 등 개발
		PG504	(응용보안/평가인증) 사설 5G에서의 URLLC 융합서비스에 대한 보안 요구사항 표준 개발 중
		PG606	(메타데이터) 모바일 및 웨어러블 디바이스상에서 증강현실 콘텐츠 가시화 및 공유를 위한 메타데이터 구조를 제안하고 실제 활용 예시로서 시스템 프레임워크를 제시
		PG609	(CPS) 사이버물리생산시스템 및 ICT를 활용한 제조 스마트화 관련 표준을 개발하고 있으며, 실-가상 공장 연동, 실-가상 공장의 테스트 베드, ICT 기반 공장 지능화, 제조 융합 전개 모델, 스마트공장 에지 시스템을 위한 참조 아키텍처, 초저지연 사이버-물리 시스템 아키텍처 표준 정의, 조선 분야에서의 APS 표준 등을 개발 중
		PG610	(디지털콘텐츠) 3D 프린팅 파일포맷, 슬라이스 포맷, 스캐닝 포맷, 출력 서비스 표준 등 다양한 표준을 개발
		PG1005	(인공지능기반기술) 인공지능을 기반으로 하는 여러 분야에 대한 용어, 모델 표준 정의
		PG1104	(5G 버티컬 서비스 프레임워크) 5G의 스마트공장 지원을 위한 표준 및 보급 확산 진행 중
	국가기술표준원		스마트공장 분야 정책과제의 표준화 연계 업무 및 산업화 지원을 수행하고, 산·학·연의 스마트공장 개념 정립과 산업계 확산을 촉진시키기 위해 KS 국가표준을 개발 중이며, ISO TC261 표준 일부에 대해 국내표준 부합화 작업 완료
	한국산업지능화협회 (KOIIA)		(Korea Industry Intelligentization Association) 스마트공장 보급·확산을 통해 중소 중견 기업들이 글로벌 경쟁력을 갖추도록 민간 부문의 역할을 주도하고, 스마트제조 분야(IEC TC65 및 ISO TC184 SC5) 표준 개발(구: KOSMIA, 한국스마트제조산업협회)
	3D프린팅창의융합 표준화포럼		‘삼차원프린팅산업 진흥법’ 시행에 따른 법제도 개선 및 의견 수렴(정기적 3D 프린팅 기업 간담회 진행)활동과 국제 경쟁력 강화를 위해 국제표준화 동향 파악 및 국내 대응 활동 수행 중
	5G-SFA		(5G Smart Factory Alliance) 5G 스마트팩토리 규격 표준화 주도 및 확산을 위한 단체로 제조와 5G 융합기술 및 성공 유즈케이스에 대한 논의하고, 상호연동 규격을 만드는 공급기업 협의체

5G기반 스마트공장 표준 포럼		5G 스마트공장 적용 실증 사업을 통한 활용 가능 사례 및 ROI 등 5G의 스마트공장 적용에 필요한 표준 작업을 논의 중
------------------	--	--

2.5.1. 국내 표준화 현황 및 전망

[플랫폼]

○ (Smart APS 시스템 표준) 국내 APS 시스템은 스마트공장의 고도화 단계의 대상 시스템으로 보급 초기단계이며, 표준화에 대한 필요성이 제기 되고 있으나 구체적인 개발이 미흡한 수준으로서 국제 표준화 진행에 따라 후속 진행이 추진될 것으로 전망

- KOIIA

- (사)한국산업지능화협회에서 매년 ‘스마트제조기술 발전 동향’에 관한 컨퍼런스를 진행하고 있으며, 관련 보급사들 간의 교류를 통하여 표준화 방향을 논의 중

- TTA CPS PG(PG609)

- 조선 업종의 선박 생산 계획의 최적화를 지원하는 스마트 생산 계획 시스템 참조 모델을 정의해 통해 선박 건조 공정에서 Smart APS 적용을 위한 필요 기능 제시
- CPS 기반 기술로 범용 제조 현장을 고도화하기 위한 표준과 레거시 응용과 APS의 연계에 관한 다양한 표준 개발을 계획 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
KOIIA	SPS-X KOSMIA 0001-xxxx, 제조 응용시스템 업무 프로세스 통합 - 제2부: 관리체계	진행중 (2022)
	SPS-C KOSMIA 000X-X-XXXX:2019-xxxx, 가변 재구성 유연 생산시스템 - 제2부: 부품 조립 라인 구성 데이터 교환 절차	진행중 (2022)
	SPS-C KOSMIA XXXX-X-XXXX:2019-xxxx, 가변 재구성 유연 생산시스템 - 제1부: 부품 조립 라인 구성 참조모델	진행중 (2022)
TTA PG609	TTAK.KO-11.0254, 조선업종 스마트 생산계획시스템(APS) 참조모델	2018

○ (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 디지털 제조 플랫폼 구축을 위해 디지털 트윈 기술을 활용하거나 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS)을 정의하는 표준과 안전하고 신뢰성 있는 운용을 위해 사이버-물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보 지침 표준이 진행 중이며, 향후 디지털 트윈을 적용한 새로운 응용 분야가 확대됨에 따라 유즈케이스, 요구사항, 서비스 등을 정의하는 표준화가 추진될 것으로 예상

- TTA CPS PG(PG609)

- 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 시스템 표준, 초저지연 CPS에 대한 표준, 사이버-물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보에 관한 표준화를 진행 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG609	2021-0699, 사이버-물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보 지침 - 제3부: CPS 안전·신뢰성 프로파일 개념 모델	진행중 (2022)
	2020-0717, 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS) - 제3부: 제어 루프	진행중 (2022)
	TTAK.KO-11.0284-Part1, 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 - 유즈케이스	2020

표준화기구	표준(안)명	완료연도
	TTAK.KO-11.0284-Part2, 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 - 요구사항	2020
	TTAK.KO-11.0270-Part2, 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS) - 제2부: 사이버 요소	2020
	TTAK.KO-11.0268-Part2, 사이버 물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보 지침 - 제2부: CPS 안전·신뢰성 프로파일 저장소 참조 모델	2020
	TTAK.KO-11.0270-Part1, 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS) - 제1부: 정의 및 시스템 구조	2019
	TTAK.KO-11.0268-Part1, 사이버-물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보 지침 제1부: CPS 사고분석모델	2019

○ (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) 스마트공장의 다양한 서비스 요구를 처리하기 위한 표준을 해외 표준을 참조하여 개발하고 있으나, 코로나19로 인한 제조업의 어려움으로 인해 실제 대규모 서비스 구축·실증이 지연되고 있어 빠르고 안정적인 보급·확산을 위한 서비스 모델 표준 개발이 예상

- TTA CPS PG(PG609)

- 스마트공장의 지능형 디바이스를 위한 엣지 컴퓨팅 인터페이스 표준과 스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준화를 논의 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG609	TTAK.KO-11.0285, 제조 가상화 엣지 시스템 서비스 인터페이스	2020
	TTAK.KO-10.1141, 지능형 디바이스들을 위한 엣지 컴퓨팅 관리 인터페이스	2019
	TTAK.KO-11.0269, 초저지연 스마트공장 서비스를 위한 제조 가상화 엣지 시스템 성능요소 평가 지침	2019
	TTAK.KO-11.0270-Part1, 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS) - 제1부: 정의 및 시스템 구조	2019
	TTAK.KO-11.0242, 스마트팩토리 초저지연 서비스 제공을 위한 엣지 시스템 참조 아키텍처	2017

○ (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) 유연생산 기반의 무공장 제품 제조를 지원하기 위한 제조 자원 공급 기업과 발주사간의 데이터 교환 모델 및 다양한 제조 시나리오 개발이 요구

- TTA CPS PG(PG609)

- 맞춤형 제품 제조 서비스 시나리오에 대한 표준화가 진행되었으며, 기업 단위의 제조 자원 관리 및 데이터 연동을 위한 표준화 개발 필요

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG609	TTAK.KO-10.1054, 맞춤형 제품 제조 서비스 시나리오	2018
	TTAK.KO-11.0202, 사이버-물리 생산 시스템 연동 미들웨어 명세 언어 정의	2015

- (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) 국내 스마트공장을 위한 표준 IoT Architecture에 대한 공식적인 표준화는 이루어지지 않고 있음. 각 산업군에서는 Edge Computing을 기반으로 자체적으로 구성된 Architecture를 사용하고 있기 때문에 국내외 경쟁력 강화를 위해서 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준이 필요

[연동]

- (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) 국내 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준은 아직 개발되지 않았으며, 국내외 환경 규제 강화에 따른 환경저감 요구사항 및 설비 운영 표준 개발이 필요
 - TTA CSP PG(PG609)
 - 스마트팩토리 관련 용어 정의를 통해 CFS 5대 원칙을 제시하고, 초연결(Hyper Connectivity), 서비스화(Servitization), 지능화(Intelligence), 인간중심(Humanity), 친환경(Green)에 대한 정의를 통해 친환경적인 생산 공정 구축과 시스템 간의 연동에 제안될 예정

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG609	TTA.KO-11.0207, 스마트팩토리 용어	2016

[서비스]

- (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 콘텐츠 중심의 AR/VR에 대한 기술 개발이 이루어지고 있지만, 스마트공장 내외에서 원격 협업 및 상호작용을 통한 작업자 지원에 관한 AR/VR 기술과 관련된 표준화 활동은 초기 단계이거나 미비. 하지만, 스마트공장 표준화와 관련된 활동이 활발히 진행되고 있기 때문에, 이에 대한 표준 활동도 시작될 것으로 전망
 - TTA 메타데이터 PG(PG606)
 - 증강현실 콘텐츠 가시화 및 공유를 위한 메타데이터 표준 활동. 모바일 및 웨어러블 디바이스 상에서 증강현실 콘텐츠 가시화 및 공유를 위한 메타데이터 구조를 제안하고 실제 활용 예시로서 시스템 프레임워크를 제시
 - TTA CPS PG(PG609)
 - 스마트공장에서 Cyber-Physical Systems(CPS) 기술과 관련된 표준화를 진행 중
 - TTA 지능형 디바이스 PG(PG415)
 - 스마트 글래스를 이용하여 사용자에게 증강현실 서비스를 제공하는 환경에서, 서버 또는 빅데이터 플랫폼과의 협업을 통해 영상이나 이미지 정보를 처리하는 과정에서 사용되는 스마트 글래스와 다중 서버 간 통신 미들웨어 QoS 관리 기법을 기술하는 표준 제정
 - 5G-SFA
 - 5G 스마트공장 규격 표준화 및 생태계 확산을 위해 19개 기업과 기관이 참여하는 '5G 스마트공장 얼라이언스(5G-SFA)'가 출범하여, 다양한 규격 표준화가 진행될 예정. 특히, 5G 환경 하에서 AR/VR의 중요성이 증대함에 따라 유지 보수 지원 기술 표준관련 연구도 진행될 것으로 예측되나, 아직까지 표준 활동은 미비

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG606	TTAK.KO-10.0851/R2, 증강현실 콘텐츠 가시화 및 공유를 위한 메타데이터	2018
TTA PG609	TTAK.KO-11.0166, 사용자 상호작용 시뮬레이션 제어 인터페이스 요구 사항	2015
TTA PG415	TTAK.KO-10.0823, 스마트클래스와 다중 서버간 통신을 위한 QoS 관리	2015

○ (5G를 적용한 스마트공장 표준) 스마트공장을 지원하기 위한 5G 표준은 1차 준비된 상황으로, 스마트공장의 보급 확산에 주력해야 하는 시점. 따라서 TTA 5G 버티컬 서비스 프레임워크 PG(PG1104)에서는 5G의 공장에서의 유즈케이스 개발과 보급에 주력하고 있으며, 5G의 기능과 성능을 알리는 데 주력하고 있음. 병행하여, 스마트공장을 지원하기 위한 기술 개발 및 표준 개발을 병행 중

- TTA 5G 버티컬 서비스 프레임워크 PG(PG1104)
 - 3GPP TS22.104 표준에 기반 한 사이버물리 시스템을 위한 성능 요구사항 표준 작성
 - 5G의 스마트공장에서의 적용 유즈케이스, 시장 동향, 기술 동향을 정리한 보고서 발행
 - 5G의 주요 기술 중 하나인 엣지 컴퓨팅의 3GPP 표준 현황을 소개하고 스마트공장을 포함한 산업 적용 과정을 설명하는 보고서 발행. 2차로 네트워크 익스포저 기능에 대한 보고서 준비 중
- TTA CPS PG(PG609)
 - 스마트공장 제조 가상화 시스템 도메인에서 활용되는 디지털 트윈 기술을 이용한 제조의 유즈케이스, 요구사항 표준 제정
 - 제조 가상화 에지 시스템 서비스 인터페이스 표준 제정
 - 사이버 물리 시스템(CPS) 시뮬레이션, 안전/신뢰성 확보 지침에 대한 표준 제정
- TTA 지능형 로봇 PG(PG413)
 - 이동형 로봇의 대인 충돌 안전성 평가 방법 표준 제정
- TTA 지능형 디바이스 PG(PG415)
 - 내추럴 사용자 인터페이스의 사용성 평가를 위한 프레임워크 표준 제정
- 5G기반 스마트공장 표준 포럼
 - 5G의 스마트공장 적용에 필요한 표준 작업을 위한 목적으로 2020년 설립됨. 2021년 현재 까지 진행된 5G 스마트공장 적용 실증 사업의 결과를 취합하여 생산 현장에서 활용할 수 있는 적용 사례와 이때의 ROI 등에 대한 내용을 취합한 보고서 작업 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG1104	TTAR-06.0222, 5G 산업 지원 기술 - 에지 컴퓨팅(기술보고서)	2020
	TTAK.KO-06.0515/R1, 산업 분야의 5G 사이버 물리 제어 애플리케이션 요구사항	2020
	TTAR-06.0207, 스마트공장을 위한 5G 시스템 구조(기술보고서)	2019
TTA PG609	TTAK.KO-11.0284-Part1, 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 - 제1부 유즈케이스	2020
	TTAK.KO-11.0284-Part2, 디지털 트윈 기술을 이용한 제조 - 제2부 요구사항	2020

표준화기구	표준(안)명	완료연도
	TTAK.KO-11.0285, 제조 가상화 예지 시스템 서비스 인터페이스	2020
	TTAK.KO-11.0270-Part2, 초저지연 사이버-물리 시스템(CPS) - 제2부: 사이버 요소	2020
	TTAK.KO-11.0287-Part1, 서비스로서의 사이버 물리 시스템(CPS) 시뮬레이션 - 제1부: 정의 및 참조 아키텍처	2020
	TTAK.KO-11.0268-Part2, 사이버 물리 시스템(CPS)의 안전·신뢰성 확보 지침 - 제2부: CPS 안전·신뢰성 프로파일 저장소 참조 모델	2020
TTA PG413	TTAK.KO-10.1223, 이동형 로봇의 대인충돌 안전성 평가방법	2020
TTA PG415	TTAK.KO-10.1227, 내추럴 사용자 인터페이스의 사용성 평가를 위한 프레임워크	2020

- (스마트공장 KPI 분석 표준) 국내 스마트공장 KPI 분석 표준은 아직 개발되지 않았으며, 국내외 제조 산업의 가치사슬 변화, 기업 간 협업 환경 도래 그리고 ESG(Environment, Social, Governance) 등을 고려한 스마트공장 KPI 분석 표준 개발이 필요
- (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) IEEE, ISO, IEC 등 여러 표준 기구에서 스마트공장 표준을 위한 로드맵 및 기술 위원회를 구성하여 대응하고는 있으나, 아직 초기단계이며 AI 관련 표준은 적극적으로 제정되어 있지 않음. 국내 또한 AI에 대한 선진국의 흐름에 뒤처지지 않도록 많은 예산을 투입하고 있지만, 현재는 초기 단계이며, AI를 적용한 스마트 공장 표준은 제정되어 있지 않아 관련 요구사항 도출 필요
 - TTA 인공지능기반기술 PG(PG1005)
 - 인공지능 표준화 동향, 윤리 가이드라인, 지능형 질의응답 시스템을 위한 메타데이터, 질의응답 서비스 프레임워크, 경량 지능형 소프트웨어 프레임워크 등의 표준화 작업을 진행 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG1005	TTAE.IT-Y.4475, 경량 지능형 소프트웨어 프레임워크	2021
	TTAR-10.0108, 인공지능 - 표준화 동향 분석	2019
	TTAR-10.0107, 인공지능 윤리 가이드라인 제정 동향(기술보고서)	2019
	TTAE.IT-F.746.7, 지능형 질의응답 시스템을 위한 메타데이터	2019
	TTAE.IT-F.746.3, 지능형 질의응답 서비스 프레임워크	2019

[3D 프린팅]

- (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) 3D 프린팅 파일포맷, 스캐닝 파일포맷, 슬라이싱 파일포맷 등 다양한 표준이 개발되었으나, 최근에는 관련 표준화 활동이 미비하나, 의료 등의 산업 프린팅 관련 요구사항, 안정성 등에 대한 표준 추진 예상
- TTA 디지털콘텐츠 PG(PG610)
 - 3D 콘텐츠를 원거리에서 웹 환경을 통해 3D 프린팅 할 수 있도록 제정된 OMA Spec Works의 디바이스웹 API(Device Web API) 표준 인용하여 국내표준화 작업 진행

- 다양한 음식 재료를 기반으로 음식을 프린팅 할 때 사용될 수 있는 다중 슬라이스 기반의 파일 포맷과, 비교적 단순하고 두꺼운 음식을 프린팅 할 때 사용할 수 있는 단일 슬라이스 기반의 파일 포맷을 정의
- 스캐닝 기반 3D 프린팅 파일 생성 시 사용될 수 있는 멀티패치 기반 3D 스캐닝 파일 포맷 제정
- 4D 프린팅에서 가장 많이 사용되는 용어, 매개 변수를 정의하며, 4D 프린팅 응용 소프트웨어 개발을 위한 동적 컴포넌트 API 표준 제정
- 3D프린팅창의융합표준화포럼
 - 3D 프린팅 모델을 실제 제조 공정과 연결할 때 필요한 모바일 환경의 슬라이싱 파일에 대한 표준 포맷 정의
- 국가기술표준원
 - ISO/ASTM 52915 AFM 1.2:2016에 대한 국가표준 부합화 작업 진행
 - ISO/ASTM 52910:2018에 대한 국가표준 부합화 작업 진행

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG610	TTAE.OT-10.0443, 지능형콘텐츠 디바이스웹API 인터페이스 - 3D프린터	2019
	TTAE.OT-10.0442, 지능형콘텐츠 디바이스웹API 요구사항 및 기술구조 모델 - 3D프린터	2019
	TTAK.KO-10.1127, 다중 재료를 지원하는 음식용 3D 프린팅 파일포맷	2019
	TTAK.KO-10.1128, 다중 패치로 구성된 스캔 포인트 클라우드 데이터 압축 파일포맷	2019
	TTAK.KO-10.1112, 4D 프린팅 시뮬레이션을 위한 동적 컴포넌트 API	2018
3D프린팅 창의융합 표준화포럼	3DPRO_17.0001/S1, 모바일 프린팅을 위한 바이너리 슬라이스 파일포맷	2017
국가기술 표준원	KS D ISO/ASTM52910, 적층제조 - 설계 - 요구사항, 지침 및 권고사항	2019
	KS D ISO/ASTM52915, 적층제조 파일 형식(AMF) 버전 1.2	2018

[보안]

- (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 국내 사설 5G 기반 스마트공장 보안 기술에 대한 공식적인 표준화는 활발하게 이루어지지 않고 있으나, 사설 5G에서의 초저지연(URLLC) 융합 서비스에 대한 보안 요구사항 표준 개발이 진행 중. 단, 최근 설립된 5G 보안 포럼을 중심으로 5G 보안 분야의 국내 표준 개발이 활발히 진행될 것으로 전망
- TTA 응용보안/평가인증 PG(PG504)
 - 5G 비공용 네트워크에서 URLLC 서비스 보안 요구사항 표준 개발 중

< 국내 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG504	2020-0711, 5G 비공용 네트워크에서 URLLC를 지원하는 버티컬서비스에 대한 보안 요구사항	진행중 (2022)

2.5.2. 국제 표준화 현황 및 전망

[플랫폼]

- (Smart APS 시스템 표준) 스마트공장을 위해 IIoT 관점에서 시스템 특성 및 참조모델을 기술하고, 장비 계층 정의 및 제조 공정을 모델링하기 위해 정보 교환 방법에 대한 표준을 개발 중이며, MES, ERP 등 기존 제조 응용과의 연계 영역과 엣지 컴퓨팅 등 제조 영역의 컴퓨팅 장치 적용으로 표준화 범위가 확장될 것으로 전망
- ISA 95
 - APS와 MES, ERP 등과의 통합과 이를 실제 사업 영역에 적용하는 방법 및 사례에 관한 표준 개발 중
- ITU-T SG20 WP1 Q2
 - IoT 환경에서 사용할 수 있는 스마트 미터링 프레임워크, 엣지 컴퓨팅 게이트웨이에 대한 요구사항 및 프레임워크 등에 대한 표준 개발
- IEC TC65 SC65E JWG5
 - ISO TC184 SC5와 IEC TC65/SC65E가 공동으로 설립하여 ISA 95 표준을 수용하여 IEC 62264시리즈를 발간. MOM(Manufacturing Operation Management)의 객체 모델, 액티비티 모델, 정보 교환, 트랜잭션 모델, 메시징 모델, 서비스 모델 등 6개의 파트로 구성되어 있고, ANSI/ISA 95에서 추가 파트를 개발 완료

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ISA 95	Guidelines for the Implementation of ANSI/ISA-61511-1-2018	2020
	ANSI/ISA-95.00.08-2020, Enterprise-Control System Integration - Part 8: Information Exchange Profiles	2020
ITU-T SG20 WP1 Q2	Y.4122, Requirements and capability framework of edge computing-enabled gateway in the IoT	2021
	Y.4419, Requirements and Capability Framework of Smart Utility Metering (SUM)	2021
	Y.4003, Overview of smart manufacturing in the context of the industrial Internet of things	2018
IEC TC65 SC65E JWG5	IEC 62264-6, Enterprise-control system integration - Part 6: Messaging Service Mode	2020
	IEC 62264-3, Enterprise-control system integration - Part 3: Activity models of manufacturing operations management	2016
	IEC 62264-5, Enterprise-control system integration - Part 5: Business to manufacturing transactions	2016
	IEC 62264-4, Enterprise-control system integration - Part 4: Objects models attributes for manufacturing operations management integration	2015
	IEC 62264-1, Enterprise-control system integration - Part 1: Models and terminology	2013
	IEC 62264-2, Enterprise-control system integration - Part 2: Object model attributes	2013

- (CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준) 제조 분야의 디지털 트윈을 구현하기 위한 프레임워크 및 서로 다른 시스템 간의 정보 교환을 위한 데이터 표현 및 교환에 관한 표준이 개발 중이며, 시장의 요구에 따라 미디어 관련 표준이 개정되고 있어 관련 기술이 디지털 트윈에 접목될 것으로 전망
- ISO TC184 SC4 WG12
 - 서로 다른 산업 자동화 시스템 간에 제품 정보를 교환하기 위한 데이터 표현 및 교환에 관한 표준을 개발 중
 - ISO TC184 SC4 WG15
 - 제조 분야에서 디지털 트윈의 인터페이스와 기능을 정의하는 제조 분야의 디지털 트윈 프레임워크(Digital Twin framework for manufacturing) 표준을 개발 중
 - ISO TC184 SC5 WG13
 - 가상 제조 시스템(Virtual Production System)에서 장치의 동작을 표현하는 EBC(Equipment Behaviour Catalogues) 표준을 개발 중
 - IEC TC65 WG23
 - 가상 생산시스템 구성을 위한 디지털 공장에 관한 표준인 IEC 62832와 스마트 제조를 위한 용어 정의, 유즈케이스, 사이버 보안 관련 표준인 IEC TR 63283이 개발 중
 - IEC TC65 JWG21
 - ISO TC184(자동화 시스템 및 통합)와 IEC TC65(산업 프로세스 측정, 제어 및 자동화) 간에 설립된 공동 위원회로써 스마트 제조를 위한 통합 참조 모델 관련 표준인 IEC 63339 개발 중
 - IEC SyC SM
 - 스마트 제조에서 제품, 생산, 공급망, 산업 서비스 등 다양한 측면과 관련된 표준 및 표준 프로젝트를 매핑할 수 있도록 스마트 제조 표준맵 표준이 개발 중
 - JTC1 SC29 WG3
 - 디지털트윈에서 AR/VR/MR 구현을 위한 몰입형 미디어(오디오, 비디오 등) 기술 표준인 ISO/IEC 23090 시리즈 표준이 개발 중
 - JTC1 SC29 WG7
 - 미디어 사물인터넷에서 미디어 관련 데이터를 주고받기 위한 미디어 사물인터넷 표준인 ISO/IEC 23093 시리즈 표준이 개발 중

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ISO TC184 SC4 WG12	ISO 10303-2, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 2: STEP Vocabulary	진행 중 (2022)
	ISO 10303-15, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 15: Description methods: SysML XMI to XSD transformation	진행 중 (2022)
	ISO 10303-16, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 16: Description methods: SysML XMI to EXPRESS transformation	진행 중 (2022)
	ISO 10303-17, Industrial automation systems and integration - Product data representation and exchange - Part 17: EXPRESS to SysML CXMI transformation	진행 중 (2022)

표준화기구	표준(안)명	완료연도
	ISO 10303-59, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 59: Integrated generic resource: Quality of product shape data	진행 중 (2022)
	ISO 10303-209, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 209: Application protocol: Multidisciplinary analysis and design	진행 중 (2022)
	ISO 10303-239, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 239: Application protocol: Product life cycle support(PLCS)	진행 중 (2022)
	ISO 10303-243, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 243: Application protocol: For modelling and simulation information in a collaborative systems engineering context (MoSSEC)	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1847, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1847: Application module: Assignment object relationship	진행 중 (2022)
	ISO TS 10303-1848, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1848: Application module: Annotated 3d model data quality criteria	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1849, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1849: Application module: Annotated 3d model data quality inspection result	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1850, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1850: Application module: Triangulated shape data quality	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1851, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1851: Application module: PMI data quality	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1852, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1852: Application module: Retention period	진행 중 (2022)
	ISO 10303-1853, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1853: Datum and datum systems	진행 중 (2022)
	ISO 10303-4000, Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 4000: Core Model	진행 중 (2022)
ISO TC184 SC4 WG15	ISO 23247-1, Digital Twin framework for manufacturing – Part 1: Overview and general principles	진행 중 (2022)
	ISO 23247-2, Digital Twin framework for manufacturing – Part 2: Reference architecture	진행 중 (2022)
	ISO 23247-3, Digital Twin framework for manufacturing – Part 3: Digital representation of manufacturing elements	진행 중 (2022)
	ISO 23247-4, Digital Twin framework for manufacturing – Part 4: Information exchange	진행 중 (2022)
ISO TC184 SC5 WG13	ISO/AWI 16400-2, Automation systems and integration – Equipment behaviour catalogues for virtual production system – Part 2: Formal description of catalogue template	진행 중 (2022)
	ISO/AWI 16400-3, Automation systems and integration – Equipment behaviour catalogues for virtual production system – Part 3: Guideline for construction of equipment instance model	진행 중 (2022)

표준 화기 구	표준(안)명	완료 연도
IEC TC65 WG23	IEC TR 63283-1, Industrial-process measurement, control and automation - Smart Manufacturing - Part 1: Terms and definitions	진행 중 (2022)
	IEC TR 63283-2, Industrial-process measurement, control and automation - Smart Manufacturing - Part 2: Use cases	진행 중 (2022)
	IEC TR 63283-3, Industrial-process measurement, control and automation - Smart Manufacturing - Part 3: Challenges for Cybersecurity	진행 중 (2022)
	IEC 62832-1, Industrial-process measurement, control and automation - Digital factory framework - Part 1: General principles	2020
	IEC 62832-2, Industrial-process measurement, control and automation - Digital factory framework - Part 2: Model elements	2020
	IEC 62832-3, Industrial-process measurement, control and automation - Digital factory framework - Part 3: Application of Digital Factory for life cycle management of production systems	2020
IEC TC65 JWG21	IEC 63339, Unified reference model for smart manufacturing	진행 중 (2022)
IEC SyC SM	ISO/IEC TR 63306-2 ED1, Smart manufacturing standards map(SM2) - Part 2: Catalogue	진행 중 (2022)
	ISO/IEC TR 63306-1:2020, Smart manufacturing standards map(SM2) - Part 1: Framework	2020
JTC1 SC29 WG3	ISO/IEC TR 23090-1, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 1: Immersive media	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-7, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 7: Immersive audio metadata	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-9, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 9: Geometry-based Point Cloud Compression	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-10, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 10: Carriage of video-based Point Cloud Compression data	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-11, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 11: Network-based media processing implementatio guidelines	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-12, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 12: Immersive Video	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-13, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 13: Video decoding interface for immersive media	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-14, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 14: Scene description for MPEG media	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-15, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 15: Versatile video coding conformance	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-16, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 16: Versatile video coding reference software	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-17, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 17: Reference software and conformance for OMAF	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-18, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 18: Carriage of Geometry-based Point Cloud Compression data	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-19, Information technology - Coded representation of immersive media - Part 19: Reference Software for V-PCC	진행 중 (2022)

표준화기구	표준(안)명	완료연도
	ISO/IEC 23090-20, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 20: Conformance for V-PCC	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-21, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 21: Reference Software for G-PCC	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-22, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 22: Conformance for G-PCC	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23090-2, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 2: Omnidirectional media format	2021
	ISO/IEC 23090-3, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 3: Versatile video coding	2021
	ISO/IEC 23090-5, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 5: Video-based point cloud compression	2021
	ISO/IEC 23090-6, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 6: Immersive media metadata	2021
	ISO/IEC 23090-8, Information technology – Coded representation of immersive media – Part 8: Network-based media processing	2020
JTC1 SC29 WG7	ISO/IEC 23093-1, Information technology – Internet of Media Things – Part 1: Architecture	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23093-2, Information technology – Internet of Media Things – Part 2: Discovery and communication API	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23093-3, Information technology – Internet of Media Things – Part 3: Media data formats and APIs	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23093-4, Information technology – Internet of Media Things – Part 4: Reference software and conformance	2020

○ (스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준) ETSI, ITU-T, 3GPP 등에서 엣지 시스템을 위한 플랫폼 구조 표준 및 엣지 시스템 간 상호연동을 위한 표준 개발을 추진 중

- ETSI MEC

- MEC 개념을 정리하고 MEC 관련 서비스 시나리오, 용어, 참조표준, API 등 약 35종 이상의 표준화를 완료하였으며, 기존 표준의 업데이트 및 새로운 활용 시나리오 등을 개발 중

- 3GPP SA2/SA6

- 이동통신 서비스 표준에서 MEC개념을 5G아키텍처에 적용하기 위한 표준을 개발 중

- ITU-T SG11 WP3 Q7

- 통신사업자간 연동을 위해 2022년 완성을 목표로 연합 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅 표준 제정을 추진 중

- ITU-T SG13 WP1 Q22

- 미래인터넷 표준에서 엣지 영역을 포괄하는 분산 클라우드 표준을 개발

- JTC1 SC38 WG3/SC41

- 클라우드 컴퓨팅 관점에서의 엣지 컴퓨팅 표준(SC38)과 사물인터넷 관점에서의 엣지 컴퓨팅 표준(SC41)을 개발

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ETSI MEC	GS MEC 003 V2.1.1, Multi-access Edge Computing(MEC); Framework and Reference Architecture	2020
	GS MEC 011 V2.1.1, Multi-access Edge Computing(MEC); Edge Platform Application Enablement	2020
	GS MEC 009 V2.1.1, Multi-access Edge Computing(MEC); General principles for MEC Service APIs	2020
	GS MEC 010-2 V2.1.1, Multi-access Edge Computing(MEC); MEC Management; Part 2: Application lifecycle, rules and requirements management	2020
	GS MEC 002 V2.1.1, Multi-access Edge Computing(MEC); Phase 2: Use Cases and Requirements	2020
	GS MEC 017, Mobile Edge Computing(MEC); Deployment of Mobile Edge Computing in an NFV environment	2018
	GS MEC 009, Mobile Edge Computing(MEC); General principles for Mobile Edge Service APIs	2017
ITU-T SG11 WP3 Q7	Q.FMEC-SRA, Signalling requirement and architecture for federated MEC	진행 중 (2022)
	Q.IEC-PRO, Protocols for microservices based intelligent edge computing	진행 중 (2022)
	Q.5001, Signalling requirements and architecture of intelligent edge computing	2018
ITU-T SG13 WP1 Q22	Y.LSMEC, Local shunting for multi-access edge computing in IMT-2020 networks	진행 중 (2022)
	Y.3076, Architecture of ICN-enabled Edge network in IMT-2020	2020
JTC1 SC38 WG3	ISO/IEC TR 23188:2020, Information technology - Cloud computing - Edge computing landscape	2020
JTC1 SC41	ISO/IEC TR 30164, Internet of things(IoT) - Edge Computing	2020
3GPP SA2/SA6	TR 23.748, Study on enhancement of support for Edge Computing in 5G Core network(5GC)	2020
	TR 28.803, Telecommunication management; Study on management aspects of edge computing	2019
	TR 23.758, Study on application architecture for enabling Edge Applications	2019
	TS 22.261, Service requirements for next generation new services and markets(Version 16.8.0 Release 16)	2019
	TR 23.742, Study on Enhancements to the Service-Based 5G System Architecture	2018

- (스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준) NIST를 중심으로 유연생산 지원을 위한 다양한 분산 제조 연구 프로젝트를 진행 중이며, ASME MBE SC에서는 분산 제조 데이터에 대한 시스템 정보 공유를 지원하는 모델 기반 제조 표준 개발이 진행 중. 점차 산업 도메인 특성이 반영된 제조 모델 표준 개발이 진행 될 것으로 전망

- ASME Y14 SC47

- 모델 기반 엔터프라이즈(MBE) 실현을 위한 제품 정의와 3D 모델 및 기타 관련 정보 구성하기 위한 스키마와 데이터 교환 인터페이스 표준을 정의

- ASME Y14 SC41

- 제품에 대한 디지털 표현 및 디지털 데이터 세트에 대한 정의와 디지털 형식의 도면을 사용하기 위한 기존의 ASME 표준에 대한 예외 및 추가 요구사항 표준을 정의

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ASME Y14 SC47	Y14.47-2019, Model Organization Practices – Engineering Product Definition and Related Documentation Practices	2019
ASME Y14 SC41	Y14.41-2019, Digital Product Definition Data Practices	2019

○ (스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준) ITU-T를 중심으로 에지컴퓨팅, 사물 인터넷(IoT) 분야의 표준화를 진행 중이며, 차세대 이동 통신의 신호 방식 및 시험 기술에 대한 표준과 방법론 개발이 진행 될 것으로 전망

- 3GPP SA2

- 5G에서 전체적인 아키텍처에 대한 정의를 하였고, 특히 하위 시스템(UTRAN, CN, Terminal, USIM)에 기능 및 상호 작용을 포함한 전체 아키텍처의 표준 개발

- ITU-T SG11 WP1 Q2/Q4/Q5

- IMT-2020/5세대(5G), 이동통신, 에지컴퓨팅, 사물 인터넷(IoT) 분야의 신호방식 및 시험 기술에 대한 표준화를 추진 중
- 사물인터넷과 응용 및 식별 시스템 기술에 대한 표준화를 추진 중
- 프로토콜 및 네트워크 프레임워크 및 방법론 표준화를 추진 중
- 위조 또는 변조된 통신/ICT 소프트웨어 근절을 위한 표준화를 추진 중

- ISA 95

- MES 등에서는 제조 산업 지원을 위해 정보 시스템 간의 데이터를 활용 정보모델 및 운영 모델 표준화를 추진 중

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
3GPP SA2	TS 23.501, Architecture for the 5G System(Release 16)	2020
	TS 23.501, Architecture for the 5G System(Release 15)	2019
ITU-T SG11 WP1 Q2	Q.3313, Signalling protocols and procedures relating to flow state aware QoS control in a bounded subnetwork of a next generation network	2018
ITU-T SG11 WP1 Q4	Q.3316, Interface and signalling requirements and specification for cross stratum optimization	2018
ITU-T SG11 WP1 Q5	Q.3309, QoS coordination protocol	2018
	Q.3315, Signalling requirements for flexible network service combination on broadband network gateway	2018
ISA 95	IEC 62264-6:2020, Enterprise-Control System Integration	2020

[연동]

- (스마트공장 환경저감 설비 운영 표준) ISO TC207에서는 환경관리시스템에 대한 원칙 및 지침을 통해 각 조직의 환경 관리 체계 구축을 지원하고 있으며, ASTM에서는 sustainable 제조를 지원하기 위한 환경 관리에 관한 표준화 작업을 진행 중이며, 규제 중심의 표준 연구에서 친환경 제조 기반 설비 운영 표준 연구가 필요
 - ISO TC207 SC1 WG11
 - 환경관리 시스템에 대한 표준을 주도하고 있으며, 환경 규제를 위한 환경경영시스템에 대한 정의, 지침 및 각 조직 내부의 환경 연관도 등의 관리 표준화 작업을 수행
 - ISO TC207 SC7 WG11
 - 환경 저감을 위한 온실가스 규제 및 관리에 대한 표준화 개발 작업을 수행
 - ASTM E60.13
 - Sustainable 제조 프로세스 구축을 위한 환경 측면의 정의, 핵심 성능 지표와 특징에 대한 표준화 작업을 논의 중

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ISO TC207 SC1 WG11	ISO 14006:2020, Environmental management systems – Guidelines for incorporating ecodesign	2020
	ISO 14005, Environmental management systems – Guidelines for a flexible approach to phased implementation	2019
ISO TC207 SC7 WG11	ISO 14064-3, Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions	2019
	ISO 14064-2, Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions and removal enhancements	2019
	ISO 14064-1, Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals	2018
ASTM E60.13	E3096-18, Standard Guide for Definition, Selection, and Organization of Key Performance Indicators for Environmental Aspects of Manufacturing Processes	2018
	E3012-16, Standard Guide for Characterizing Environmental Aspects of Manufacturing Processes	2016

[서비스]

- (AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준) 일반 가상 및 증강현실 환경을 구성, 정합, 디스플레이하기 위한 일반적인 표준은 제정이 많이 진행이 되었지만, 스마트공장 지원 기술에 대한 표준은 미비함. 콘텐츠 중심의 AR/VR에 대한 기술 개발이 이루어지고 있는 반면, 스마트공장 내외에서 원격 협업을 통한 작업자 지원에 관한 AR/VR 기술 표준은 활발히 연구가 필요

- Khronos Group OpenXR WG
 - AR/VR 응용 개발을 위한 인터페이스 표준으로서 디바이스 계층과 응용 계층으로 분리하여 인터페이스를 개발. HMD, 컨트롤러, 위치 추적기 등의 정보 교환을 위한 표준 마련
- JTC1 SC24 WG6
 - 컴퓨터 그래픽스, 영상처리 및 환경데이터 표현 분야에 대한 표준과 이를 바탕으로 하는 가상현실, 혼합/증강현실, 정보의 상호작용을 위한 시각적 표현에 대한 표준 개발 중
- IEC SyC SM
 - Cyber-physical 및 인간 영역에서 프로세스 및 자원을 통합적이고 지능적으로 사용함으로써 성능을 개선하여 기업의 가치 사슬(value chain)내에서 다른 영역과 협업하는 제품 및 서비스를 위한 표준화 작업 수행

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
Khronos Group OpenXR	OpenXR1.0, XR-platforms and devices	진행 중 (2022)
JTC1 SC24 WG6	ISO/IEC 3721-2, Information model for mixed and augmented reality	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23488, Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Image based Object/ Environmental for Virtual/Mixed and Augmented Reality(VR/MAR)	진행 중 (2022)
	ISO/IEC TS 23884, Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Material Property and Parameter Representation for Model based Haptic Simulation of Objects in Virtual, Mixed and Augmented Reality(VR, MAR)	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 23763, Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Display device interface for mixed and augmented reality	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 18039, Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Mixed and augmented reality(MAR) reference model	2019
	ISO/IEC 18520, Information technology – Computer graphics, image processing and environmental data representation – Benchmarking of vision-based spatial registration and tracking methods for mixed and augmented reality(MAR)	2019
IEC SyC SM	ISO/IEC TR 63306-1 ED1, Smart Manufacturing Standards Map(SM2) Part 1 : Framework	진행 중 (2022)

○ (5G를 적용한 스마트공장 표준) 3GPP SA1에서는 eMBB, mMTC, URLLC 구분에 따른 산업 요구사항을 분석하여 네트워크에 대한 요구사항을 정리하고, 이후 URLLC는 유선 네트워크 지원과 함께 가상 물리 시스템 지원 산업 요구사항을 산업별 적용 사례 분석에 따라 도출. 5G의 공장 적용 요구사항은 유선 네트워크 지원 사례와 가상 물리 시스템 요구사항 모두에서 다루어졌으며, Rel.16, Rel.17의 표준화 과정을 거치며 새로운 유즈케이스가 지속 추가되어 요구사항에 대한 개정도 지속 중. SA에서 도출된 요구사항에 따라 RAN1에서는 요구사항을 지원하기 위한 구체적인 기술을 개발하고 있으며, Rel.15에서는 저지연 통신의 틀을 구성하고 Rel.16에서 기본 기능 및 Rel.17에서 향상된 기능을 개발 예정

- 3GPP SA1
 - Rel.14에서 5G를 적용할 다양한 산업의 요구사항을 분석하여 mMTC, eMBB, URLLC의 유즈케이스 별로 정리
 - Rel.15에서 서비스 별 성능 요구사항을 정리하였으며, 이 내용을 기반으로 5G 기술에 대한 표준화 작업을 진행
 - Rel.16에서는 지속적인 업데이트를 진행하였으며, 특히 가상물리 시스템의 적용 사례와 성능 요구사항을 정리하였으며, 이 내용은 Rel.16의 URLLC 기술을 개발하는데 활용
 - Rel.17에서는 주요 아이টে็ม으로 기존 아이টে็ม의 진화 기능인 IIoT와 URLLC 지원, 위치기반, sidelink, RAN slicing 등의 URLLC 기능과 inactive state에서의 저용량 데이터 전송과 같은 mMTC 기능이 있으며 신규 아이টে็ม으로 XR 지원과 같은 고용량 데이터 전송과 낮은 전송 지연을 동시에 요구하는 응용에 대한 지원과 NB-IoT와 NR 데이터 전송 속도의 중간 속도 급 IoT 통신 기능의 지원을 위한 reduced-capability NR devices 항목이 존재
- 3GPP RAN1
 - Rel.15에서는 eMBB의 성능에 주안점을 두어 표준화가 진행되었으나, URLLC와 mMTC를 지원하기 위한 기술 구조를 표준에 반영
 - Rel.16에서 본격적인 URLLC 지원을 위한 기술에 대해 표준화가 진행되었으며, 대표적인 저지연 기술로는 주파수에 따른 numerology, grant free, short transmission, pre-emption 등이며, 신뢰성 관련 기술로는 PDCP duplication, multi-antenna, automatic repetition, TSN의 지원 등이 개발
 - Rel.17에서는 RAN 관점에서 URLLC enhancement, sidelink 성능 향상, inactive state에서의 저용량 데이터 전송 등이 개발 중
- ISO TC299 WG3
 - 서비스 로봇에 대한 성능 및 테스트 방안(Part 2: Navigation)에 대한 표준 개발
 - 서비스 로봇의 모듈화를 위한 일반 요구사항 표준 개발

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
3GPP SA1	TS 22.104, Service requirements for cyber-physical control applications in vertical domains	2019
	TS 22.261, Service requirements for the 5G system	2019
	TR 22.804, Study on Communication for Automation in Vertical Domains	2018
	TR 22.821, Feasibility Study on LAN Support in 5G	2018
	TR 22.861, Feasibility Study on New Services and Markets Technology Enablers for Massive Internet of Things	2018
	TR 22.862, Feasibility study on new services and markets technology enablers for critical communications	2018
	TR 22.863, Feasibility study on new services and markets technology enablers for enhanced mobile broadband	2018
	TR 38.824, Study on physical layer enhancements for NR ultra-reliable and low latency case(URLLC)	2018

표준화기구	표준(안)명	완료연도
3GPP RAN1	TS 28.201, NR; Physical layer; General description	2020
	TS 23.501, System Architecture for 5G System	2020
ISO TC299 WG3	ISO 22166-1:2021, Robotics – Modularity for service robots – Part 1: General requirements	2021
	ISO 18646-2:2019, Robotics – Performance criteria and related test methods for service robots – Part 2: Navigation	2019

○ (스마트공장 KPI 분석 표준) ISO TC184에서 스마트공장 KPI 관련 표준작업을 진행하고 있으며, 기업 간 협업을 고려한 KPI 표준작업의 추진이 필요

- ISO TC184 SC5 WG12

- 기존 IEC 62264의 계층 모델 상에서 3계층인 제조 운영 시스템에서의 정보화 및 산업화 융합 수준을 평가하는 평가 지표 및 방법을 개발하는 것으로, 개발된 방법론을 다양한 산업군에 적용할 수 있도록 적용 지침의 개발을 목표로 하고 있음

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ISO TC184 SC5 WG12	ISO 22549-2, Assessment on convergence of informatization and industrialization for industrial enterprises – Part 2: Maturity model and evaluation questionnaires	2020

○ (AI 기반 스마트공장 요구사항 표준) ITU에서 2020년부터 ‘AI기반 스마트공장 요구사항’에 대한 개요 절에 대한 제안을 진행하고 있으며, AI에 대한 국제적인 기준정립을 주도하는 대표적 표준화 그룹인 JTC1 SC42는 일반적인 인공지능 관련 표준들의 개발을 진행 중이며, AI에 대한 정의부터 관련 기술 분류 등 국가를 초월한 국제적인 기준 정립이 표준기구를 중심으로 진행 중에 있어 관련 활동들은 AI 기술의 공유와 활성화에 도움을 줄 것으로 예상

- ITU-T SG16 WP3 Q5

- AI 기술을 스마트공장과 접목하고 산업 향상을 촉진하는 핵심기술로 정의하며, 아래 항목에 대한 요구사항 정의
 - * Asset predictive maintenance(설비 예측 유지보수): 예측 유지보수(Predictive Maintenance) 기술은 노이즈, 진동, 온도, 압력과 같은 센서에 의해 수집되는 장비운영 데이터에 기반. AI 기술을 통해 가능한 결함 포인트를 분석하고 예측하며, 대응하는 유지보수 제안을 제공
 - * Assembly line management(조립 라인 관리): 조립 라인 관리에서 AI 기술은 결함 발견 구현, 객체 인식과 다른 응용을 통해 조립라인의 효율성을 향상
 - * Workshop management(작업장 관리): 공장 관리 시나리오에서, 작업자의 작업 프로세스를 표준화하기 위해 공장에서의 작업자들의 근무 상태를 모니터링하는 것이 필요하며, AI 기술을 사용하여 지속적인 안전 위해요인을 식별하는 것이 필요
 - * Management Decision(경영 판단): 경영 판단 시나리오에서, 공장 운영에서 발생하는 다양한 데이터를 분석하고, AI 기술을 통해 차후의 공장 운영에 대한 판단 지원을 제공하는 것이 필요
 - * Manufacturing process optimization(제조 공정 최적화): 제조 공정 최적화 시나리오에서 AI 기술은 생산 효율성을 향상시키기 위해서 제조 공정에서 다양한 공정과 파라미터를 최적화하고 분석하는데 사용

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ITU-T SG16 WP3 Q5	F.AI-SF, Requirements for smart factory based on artificial intelligence	진행 중 (2022)

[3D 프린팅]

○ (3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준) XML 형태의 다양한 재질을 지원하는 3D 프린팅 파일포맷을 개발하였으며, 최근에는 메디컬 응용을 위한 파일 생성 관련 표준 개발 및 출력 서비스 표준 플랫폼 개발 중이며, 추후 범용 프린팅 응용 영역에 대한 상세 시나리오를 지원하는 서비스 플랫폼 개발 예정

- ISO TC261

- 메탈 방식, 폴리머 방식 등의 다양한 재질을 이용한 출력 서비스에서 주로 재질 정의 및 파일 형상에 대한 일반적인 가이드라인 등의 표준 제정
- 3D 프린팅 파일 포맷과 연관되어 출력 제품 디자인과 연관된 요구사항, 가이드라인 등 제공, 단 재질, 제조 공정 등에 특화되지 않은 일반적인 내용을 다룸
- 메디컬 프린팅 응용을 위한 파일 형식 및 요구사항에 대한 표준 진행
- 3D 모델의 출력을 위한 프린팅 파일 포맷, 디스플레이 등의 요구사항을 정의하는 XML형 확장 가능한 표준 제정

- JTC1 WG12

- 3D 프린팅 서비스 플랫폼(AMSP : Additive Manufacturing Service Platform)을 위한 프레임워크 정의 완료. 구성요소(사용자, 디자이너, AM 센터), 워크플로우, 유즈케이스, 요구사항(사용자 관리, 제품 디자인 등), 프레임워크 및 계층별 기능 개발
- 의료영상 기반 3D 의료용품 출력에 필요한 파일의 생성을 위한 일반적인 요구사항에 대한 표준과 영역분할이라는 특별한 프로세스에 대한 요구사항, 영역 분할 결과 측정을 위한 표준 측정 방법 정의

- OMASpecWorks

- CD(Contents Delivery)그룹에서 출력서비스 표준 플랫폼으로 모바일 3D 프린팅 명령 전송을 위한 DWAPI-3DP(Device Web API - 3D Printing) 표준 개발

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ISO TC261	ISO/ASTM 52910, Additive manufacturing - Design - Requirements, guidelines and recommendations	진행 중 (2022)
	ISO/ASTM DTR 52916, Additive Manufacturing for Medical - Data - Optimized medical image data	진행 중 (2022)
	ISO/ASTM 52915, Specification for additive manufacturing file format(AMF) Version 1.2	2020
JTC1 WG12	ISO/IEC 3532-1, 3D Printing and Scanning - Medical Image-Based Modelling - Part 1: General Requirement	진행 중 (2022)
	ISO/IEC 3532-2, 3D Printing and Scanning - Medical Image-Based Modelling - Part 2: Segmentation	진행 중 (2022)

표준화기구	표준(안)명	완료연도
	ISO/IEC 23510, 3D Printing and Scanning – Framework for Additive Manufacturing Service Platform(AMSP)	진행 중 (2022)
OMA SpecWorks	OMA-ER-Device_WebAPIs_3DP-V1_0-20181021-A, Device Web APIs for 3D Printer	2018

[보안]

- (사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준) 3GPP는 5G-ACIA가 제시한 사설 5G 구축 모델을 바탕으로 산업 도메인용 5G 네트워크 요구사항을 분석하여 사설 5G 망에서의 보안 기술 표준 규격 개발 중에 있으며, 사설 5G 환경에서의 보안 이슈 및 해결 방안에 대한 지속적인 연구를 통해 지속적으로 5G 보안기술 표준이 업데이트될 전망
- 3GPP SA1
 - Re.16에서 5G 서비스 요구사항 규격을 추가로 사설 5G를 지원하기 위한 요구사항을 업데이트 함
 - 3GPP SA2
 - Re.16에서 5G 시스템 구조 규격에 사설 5G를 지원하기 위한 규격을 업데이트 함
 - 3GPP SA3
 - Re.16에서 일반적인 5G 시스템의 보안 구조와 절차에 관한 표준을 업데이트하여, 5G 공중망과 다른 사설 5G를 위한 보안 절차에 대한 규격을 추가로 개발
 - Rel.17에서 사설 5G에서의 보안 이슈와 적용 가능한 해결 방안에 대한 분석 연구를 진행 중
 - ITU-T SG17 WP2 Q2
 - 사설 5G 환경에서의 초저지연·고신뢰(URLLC) 융합서비스에 대한 보안 위협을 도출하고, 이를 해결하기 위한 보안 요구사항을 개발 중

< 국제 표준화 현황 >

표준화기구	표준(안)명	완료연도
3GPP SA1	TS 22.261, Service requirements for the 5G system	2021
3GPP SA2	TS 23.501, System architecture for the 5G System(5GS)	2021
3GPP SA3	TR 33.957, Study on enhanced security support for Non-Public Networks(NPN)	진행 중 (2022)
	TS 33.501, Security architecture and procedures for 5G system	2021
ITU-T SG17	X.5GSEC-VS, Security requirements for vertical services supporting URLLC in the 5G non-public networks	진행 중 (2022)

2.6. 오픈소스 현황 및 전망

- 제조 산업에 ICT기술의 접목이 활발해짐에 따라 제조시스템에 오픈소스 SW의 필요성이 증가하고 있는 추세에 따라 실적용 사례 구축을 통한 국내 표준 기술의 레퍼런스를 확보하고 다양한 사실표준기구 및 커뮤니티에 국내 표준 반영을 시도하여 국내 개발 기술의 국제표준화 및 글로벌 시장 선점·확산 추진
- Akraino Edge Stack
 - LF Edge재단에서 AT&T, SKT, Dell, Ericsson, Intel, Nokia, ARM 등과 협력하여 네트워크 분야 오픈소스와 상호 협력을 추진 중(ONAP, Kubernetes, O-RAN, StarlingX 등)
- Apache
 - BSD, 리눅스 등 유닉스 계열뿐 아니라 마이크로소프트 윈도우에서도 운용할 수 있는 HTTP 웹 서버를 제공
- Ditto
 - Eclipse 재단에서 추진하는 프로젝트로 디지털 트윈 소프트웨어 패턴을 구현하는 IoT 프레임 워크 기술
 - 물리적 사물이 디지털 세계에서 디지털 트윈으로 반영되어 소프트웨어 개발자가 물리적 사물에 대한 정보를 활용하여 쉽고 빠른 IoT 솔루션 개발을 지원함
- EdgeX Foundry
 - LF Edge재단에서 Dell, Vmware, Cavium 등과 협력하여 스마트공장, 공장 자동화, 자율주행 자동차 등의 산업용 IoT 시장을 지원하는 오픈 소스 프로젝트를 제공
- Free OPC-UA(Open Platform Communication Unified Architecture)
 - OPC Foundation에서 서로 다른 인터페이스 간의 데이터 교환을 위해 정의한 통신 프로토콜. Free OPC-UA는 LGPL을 따른 C++, Python 기반의 OPC UA 프로젝트로 Client를 위한 UI를 제공하며 데이터 모델을 위한 XML 기반의 모델러를 지원
- Google ARCore
 - 다중 플랫폼에서 Markerless 및 Floor 추적 기반 증강현실 주요 기능들을 제공하는 Apache Licence 기반 프로그래밍 API
- Hadoop
 - 대량의 자료를 처리할 수 있는 대용량 컴퓨팅 클러스터에서 동작하는 분산 응용 프로그램을 지원하는 프리웨어 자바 소프트웨어 프레임워크
- IoTivity
 - 수십억 개의 디바이스를 다양한 운영체제와 프로토콜에 상관없이 자연스럽게 연결(OIC 표준)할 수 있는 오픈소스 프레임워크를 제공

- KubeEdge
 - Huawei 주도하에 쿠버네티즈 기반 엣지노드, 응용기기, 클러스터 관리 등을 지원하는 프로젝트
- Kubernetes
 - 컨테이너화된 애플리케이션의 자동 배치, 오토스케일링 등을 제공하는 관리시스템
- Kura
 - Eclipse 재단에서 추진하는 프로젝트로 Java/OSGi 기반으로 확장 가능한 오픈소스 IoT 엣지 프레임워크를 제공
- Mosquitto
 - Mosquitto는 MQTT 프로토콜 버전 5.0을 구현한 메시지 브로커로서, 저전력 설비부터 산업용 엣지 서버에 이르기까지 널리 사용 가능
- MTConnect
 - 제조 장비, 부품, SW 간의 상호 운용성 제공을 위한 표준으로 미국 제조기술협회에서 2006년 표준화를 시작. 특히 MTConnect Institute에서는 MTConnect 사용을 위한 오픈 소스를 제공하고 있으며, .net 프레임워크 환경에서 MTConnect의 핵심이 되는 서버, 어댑터, 클라이언트 등을 제공
- MySQL
 - 세계에서 가장 많이 쓰이는 오픈 소스의 관계형 데이터베이스 관리 시스템
- OASIS AMQP 지원 오픈 소스
 - AMQP(Advanced Message Queuing Protocol)는 미들웨어를 통한 메시징을 지원하도록 설계된 개방형 표준 프로토콜로서, 클라이언트와 메시징 미들웨어 간의 기능적 상호 운용성을 지원
 - AMQP를 지원하는 오픈소스로서 RabbitMQ, OpenAMQ, StormMQ, Apache Qpid 등이 있으며, RabbitMQ는 사용하기 쉽고 Cloud 규모에 적합해 가장 널리 사용되는 오픈소스
- OpenStack
 - 퍼블릭 클라우드 환경 구축을 위한 선도적인 오픈소스 솔루션
- Pytorch
 - Python기반 오픈소스 머신러닝 프레임워크로 간단한 절차와 그래프 제공으로 손쉬운 사용이 가능
- StarlingX
 - 산업용 IoT, 이동통신사 등의 초저지연 데이터 전송을 지원하는 가상화 플랫폼 프로젝트

○ Tensorflow

- 딥러닝 프로그램을 쉽게 구현할 수 있도록 다양한 기능을 제공해주는 라이브러리로 데이터 플로우 그래프 방식을 사용하여 풍부한 표현력을 제공하고 코드 수정 없이도 CPU/GPU 모드로 동작이 가능

○ UCEF(Universal CPS Environment for Federation)

- 다양한 기술 영역에서 개별적으로 동작하는 도구들을 통합하는 공동의 실험 및 개발환경을 제공하는 오픈 소스 도구 키트
- 광범위한 CPS 시뮬레이션 및 실험에 유용하며, 이기종 시스템과 개발 프로세스 간의 상호 운용성 등을 확인

○ 오픈엣지 컴퓨팅

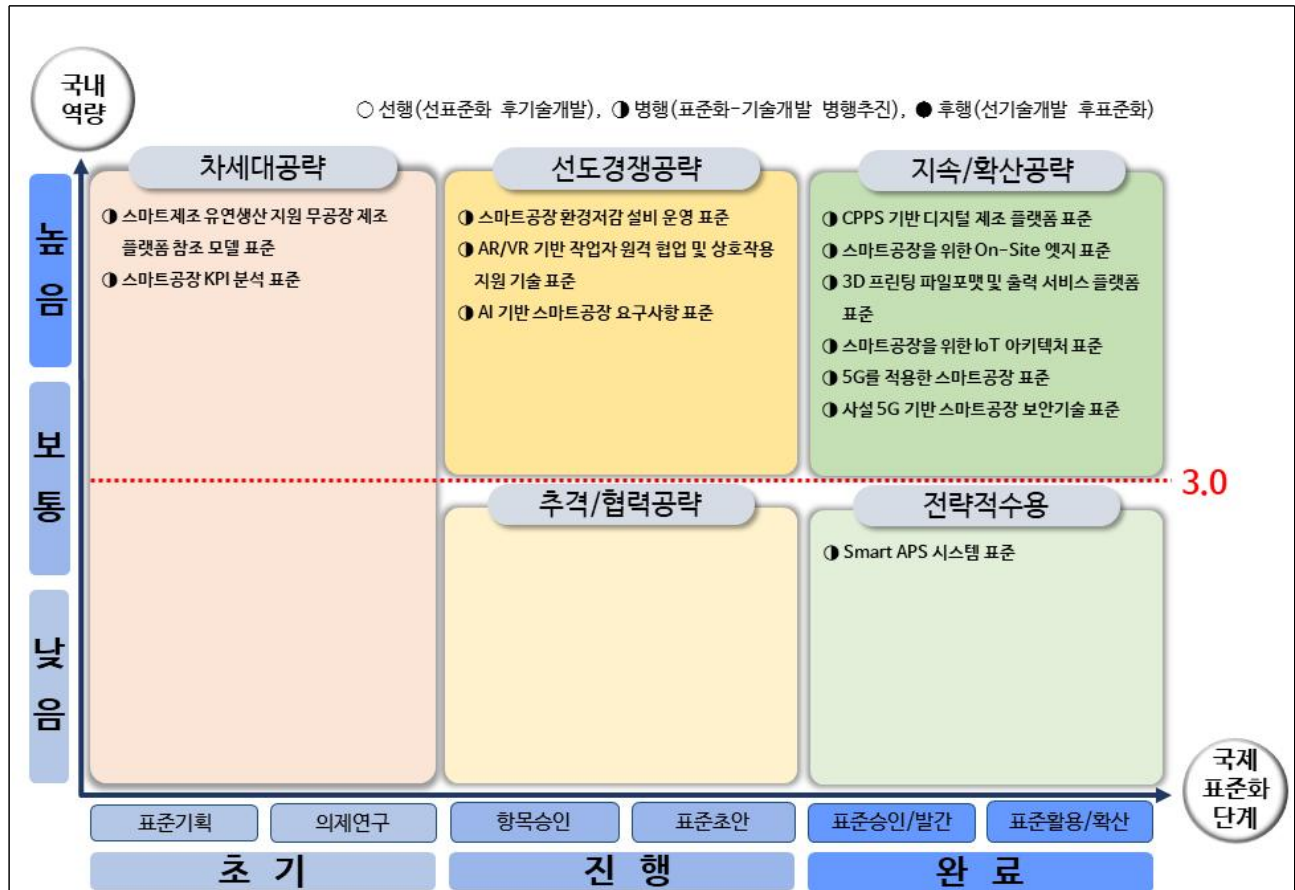
- 모든 엣지 노드가 개방적이고 표준화된 메커니즘을 통해 근접한 모든 사용자에게 컴퓨팅 및 스토리지를 제공하기 위한 오픈소스 프로젝트

Ⅲ. 국내외 표준화 추진전략

3.1. 표준화 SWOT 분석

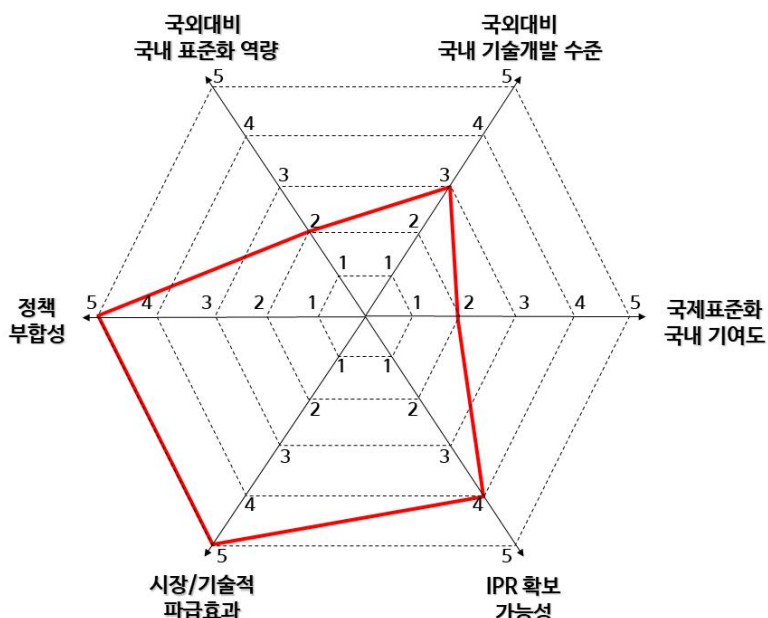
			국내역량요인		국외환경요인	
			강점요인 (S)		약점요인 (W)	
			시장	<ul style="list-style-type: none">- 코로나19로 인한 공급망 확보 노력 증대- 스마트공장 보급 확산을 위한 정부의 의지	시장	<ul style="list-style-type: none">- 중소기업의 스마트공장 보급 수준이 낮음- 코로나19로 인한 매출 및 영업이익 감소
			기술	<ul style="list-style-type: none">- 5G를 활용한 통신 및 운영시스템 기술의 글로벌 선도- AI, IoT, CPS, 클라우드 등 스마트 공장을 위한 ICT 기술 선도	기술	<ul style="list-style-type: none">- 대기업과 중소기업의 큰 기술 격차- 핵심 플랫폼 기술의 해외 의존
			표준	<ul style="list-style-type: none">- 국내에서 선도하는 ICT표준을 활용한 스마트공장 표준화 추진- TTA를 통한 핵심 원천 기술의 선도적인 표준화 추진	표준	<ul style="list-style-type: none">- 단기성 사업으로 인한 장기적인 표준화 미흡- 사실표준화를 통한 해외 선진 기업의 시장 장악
기회요인 (O)	시장	<ul style="list-style-type: none">- 코로나19로 인한 글로벌 공급망 재편성- 비대면, 언택트 경제 활성화로 인한 스마트공장 요구 증대	【SO전략】		【WO전략】	
	기술	<ul style="list-style-type: none">- 다양한 산업의 제조 운영 기술, 숙련인력 노하우 보유- ICT기술의 발전으로 인해 5G, AI 등을 손쉽게 적용 가능	<ul style="list-style-type: none">- (시장) 대중소기업의 역량을 고려한 가치사슬 고도화 및 스마트공장 생태계 구성- (기술) 세계 최고 ICT 기술을 활용한 스마트구축 플랫폼 개발을 통해 글로벌 시장 점유 추진- (표준) 국내에서 선도적으로 주도할 수 있는 ICT기반 스마트공장 표준 분야를 발굴		<ul style="list-style-type: none">- (시장) 코로나19 극복을 위해 시급히 필요한 스마트공장 기술 개발 지원- (기술) 국내 제조 노하우의 스마트화를 통한 한국형 스마트공장 플랫폼 개발- (표준) 국내 기술의 사실표준화를 위해 장기적인 지원 체계 마련	
	표준	<ul style="list-style-type: none">- 국내에서 선도하는 ICT기술의 공장 적용으로 인해 국제 표준화 기회 확대				
위협요인 (T)	시장	<ul style="list-style-type: none">- 글로벌 가치사슬 붕괴에 따른 대응 미흡	【ST전략】		【WT전략】	
	기술	<ul style="list-style-type: none">- 중국과의 공급기술 수준 격차 감소- 일부 스마트공장 기술의 높은 해외 의존	<ul style="list-style-type: none">- (시장) 대중소 상생형 가치사슬 구축을 위한 스마트공장 모델 개발- (기술) 5G, CPS, IoT 등 강점있는 기술을 활용한 제조업의 성장 지원- (표준) 표준을 선점한 기관과의 밀접한 협력을 통해 국내 기술을 국제표준에 적극 반영		<ul style="list-style-type: none">- (시장) 포스트코로나 시대의 가치사슬 참여를 위한 중소기업의 스마트공장 역량 강화 지원- (기술) 선진국과의 기술격차 해소를 위해 다양한 분야 전문가의 적극 참여 추진- (표준) 국내 선도 기술을 활용한 스마트공장 사실표준화에 적극 참여	
	표준	<ul style="list-style-type: none">- 선진국 및 다국적 기업의 표준 선점 심화				
표준화 추진상의 문제점 및 현안 사항						
<ul style="list-style-type: none">- 코로나19로 인한 제조업의 붕괴로 인해 표준 개발의 시급성이 떨어지고 있으나, 제조업은 국가 경제의 매우 중요한 분야이기 때문에 포스트코로나 시대의 글로벌 경쟁력 향상을 위한 사실표준 개발 및 국제 표준화 추진이 매우 중요						

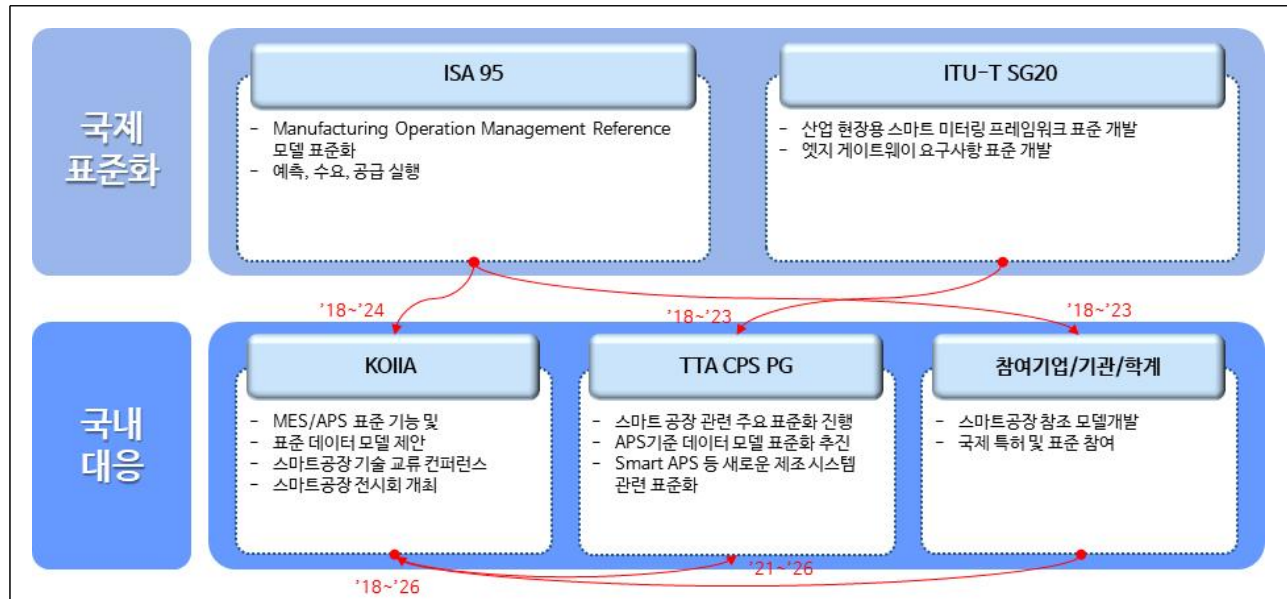
3.2. 중점 표준화 항목별 국내외 추진전략



○ 영역별 특징 및 대응전략

- **차세대공략** : 미래 핵심기술 및 유망서비스 신규 표준 제안을 통해 표준화를 선점할 수 있는 분야
: 국제 표준 기획 단계부터 주도적 참여를 통해 국제표준화 선도 기반 확보
: 관련 표준화기구에서의 적극적인 제안으로 국내 핵심 기술의 국제표준화를 위한 발판 마련
- **선도경쟁공략** : 표준화 경쟁이 치열하지만 국내역량이 높아 국제표준 선도가 가능한 분야
: 국내 기술의 국제표준 반영을 위한 관련 표준화기구에서의 적극적인 표준화활동 추진
- **추격/협력공략** : 국제표준화가 활발히 진행 중인 분야 중 국내 진입시기가 다소 늦어졌지만 타 국가의 표준화 수준에 도달하기 위해 후발주자로서 추격하거나 다각화된 협력이 필요한 분야
: 국제 공식 및 사실표준화기구, 포럼, 컨소시엄에서의 다각적인 대응 방안 모색
: 전략적 대외협력 강화 및 제휴를 통한 기술/표준의 Catch-up 전략 추진
- **지속/확산공략** : 국제표준화가 거의 완료단계이나 국내역량이 높아 후속/개정 표준화에서의 선도가 예상되며, 표준 기반 서비스 및 시장 확산에 집중이 필요한 분야
: 높은 국내 역량을 바탕으로 한 후속/개정 표준화 주도 및 추가적인 틈새표준 발굴을 모색
: 표준기반 킬러 애플리케이션 개발 및 서비스 적용을 통한 표준 활용 촉진
- **전략적수용** : 국제표준화가 거의 완료된 분야 중 국내역량은 낮지만 전략적으로 수용이 필요한 분야
: 국제표준의 수용 및 적용을 통한 국제 호환성 확보와 국내 시장 확산

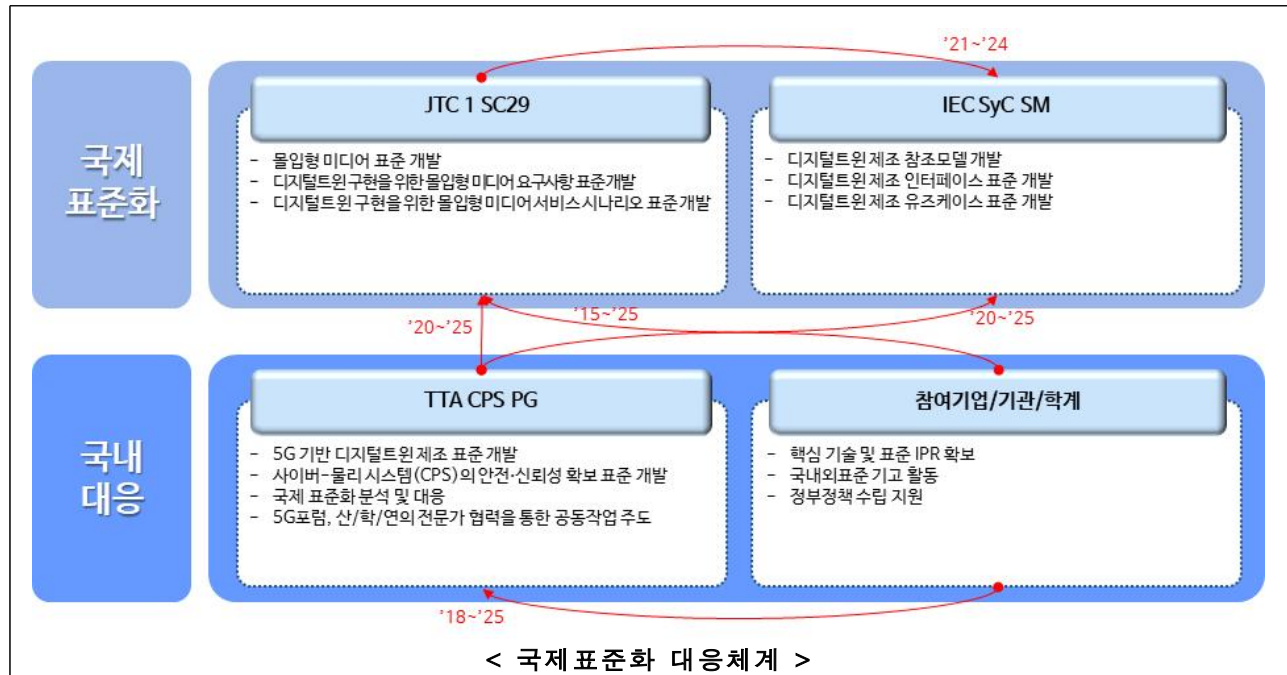
(전략적수용 병행) Smart APS 시스템 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체	국내	TTA CPS PG, KOIIA
	국제	ISA 95, ITU-T SG20					
	국내 참여 업체/ 기관	LG CNS, SK C&C, VMS Solutions, 큐빅테크, 엑센솔루션, TIPA					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화					
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→□제품화→■사업화					
	선도국가/ 기업	(독일) SAP/SIEMENS, (미국) Applied Materials/o9/Kinaxis	기술 수준	80% (선도국가대비)			
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(독일) SAP, (미국) Applied Materials	표준 수준	70% (선도국가대비)			
<p>- Trace Tracking : 지속/확산공략(Ver.2021) → 전략적수용(Ver.2022)</p> <p>APS 시스템들은 개별 솔루션으로 이미 상용화 단계에 있으나 국내 표준은 국제표준에 비해 거의 진행된 바가 없는 상태이며, 전략적 수용으로 국내 표준을 만들고 엣지/클라우드 등 제조 IT 인프라와 통합된 국제 표준을 추진하는 것이 바람직하다고 판단하며 전략적수용 항목으로 분류</p>							



< 국제 표준화 대응체계 >

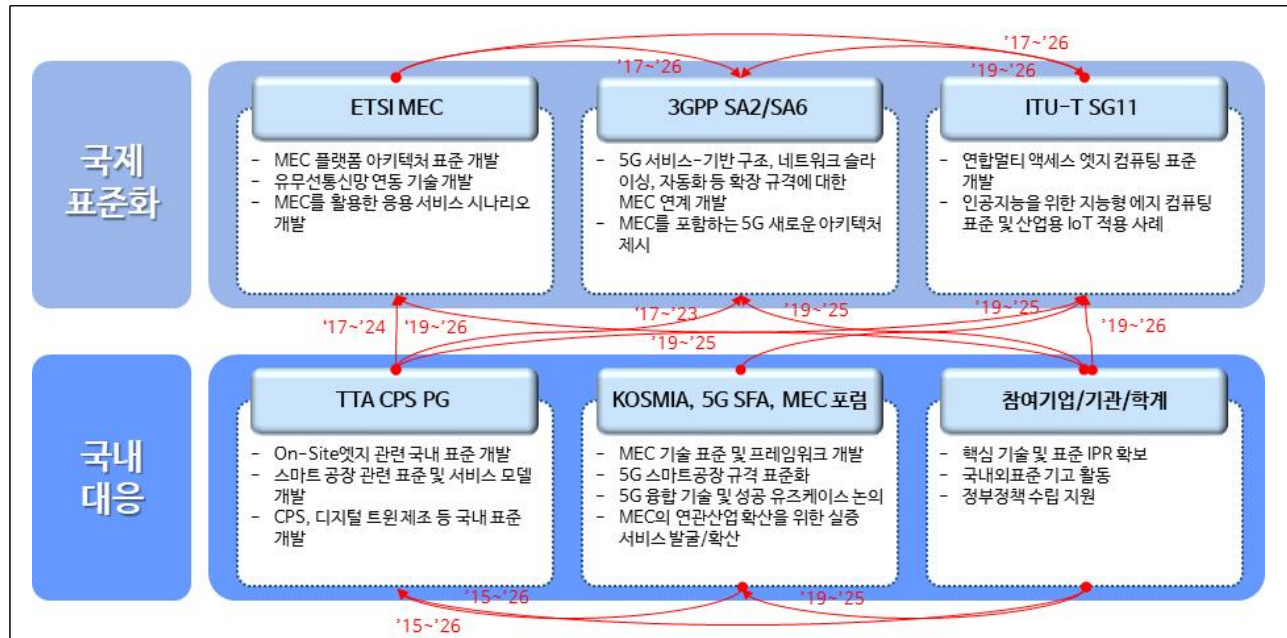
국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - ISA 95에서는 기존의 MOM 표준을 구체화하여 생산 운영에 필요한 MES/ERP/APS 등 표준과 기업용 제어 시스템과 통합하는 표준을 지속 개발 계획 중 - ITU-T SG20에서는 스마트 미터링 프레임워크, 엣지 컴퓨팅 게이트웨이에 대한 요구사항 및 프레임워크 등에 대한 표준 개발 계획 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(기초대응)) 국내 솔루션 기업의 컨소시엄을 중심으로 전문 교육 기관 및 대학과 연계하여 연구 수행 결과 발표 및 대응 체계 구축 - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) 신규 정부 R&D 과제를 중심으로 과제 개발 목표에 표준에서 제시되는 요구사항 및 프레임워크 반영 유도
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609), KOIIA 등에서 제조 응용시스템 업무 프로세스와 가변 재구성 유연 생산 시스템 표준을 제안하고 있으나, 표준화 완성에는 시간이 걸릴 것으로 전망 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)를 통해 스마트공장 보급 사업의 대상 기술로서 제조 산업 밀착형 APS 솔루션 표준화 개발 추진
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 및 R&D 중후기 전략 : 특허 권리범위 보완전략) APS가 기존 제조 시스템 및 엣지/클라우드 컴퓨팅 및 새로운 구조와 연계 시 발생하는 신규성 항목에 대한 권리범위를 보완한 특허 전략 추진
기술개발 -표준화 -IPR 연계방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국내 솔루션 보급사를 중심으로 기술 개발 및 보급 사업을 전개하여 성공 사례를 발굴하는 동시에 TIPA 지원 R&D 사업 등을 활용하여 표준화를 병행 추진

(지속/확산공략 병행) CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국외대비 국내 표준화 역량</p> <p>국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA CPS PG
					국제	JTC1 SC29, IEC SyC SM	
					국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, LG전자, KT, SKT, KAIST	
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화					
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→□제품화→■사업화					
	선도국가/ 기업	(미국) GE/Ansys/Microsoft/IBM/PTC, (독일) SIEMENS/SAP, (프랑스) Dassault Systems	기술 수준	85% (선도국가대비)			
표준화 단계	국내	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산					
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(미국) NIST/Intel, (독일) VDI/VDE/Bosch/Deutsche Telekom, (영국) Vodafone, (스웨덴) Ericsson, (일본) Mitsubishielectric	표준 수준	95% (선도국가대비)			
<p>- Trace Tracking : 선도경쟁공략(Ver.2021) → 지속/확산공략(Ver.2022)</p> <p>정부의 ‘제조업 르네상스 비전 및 전략(2019.06.19.)’에 따라 세계 4대 제조 강국 도약을 목표를 달성하기 위해 스마트공장 보급 및 확산이 가속화되고 있고, 국제적으로 경쟁력이 있는 CPPS 기반 디지털 제조 시장의 활성화를 위해 디지털트윈 제조 프레임워크 표준(ISO 23247)의 후속 표준, 틈새 표준 등을 발굴하는 노력이 요구되므로 지속/확산공략 항목으로 분류</p>							



국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - JTC1 SC29에 디지털트윈에서 AR/VR/MR 등을 지원하는 몰입형 미디어 관련 요구사항, 서비스 시나리오, 기반 서비스 등의 표준 제안 - IEC SyC SM에 디지털 트윈 제조에 대한 참조모델, 인터페이스, 유즈케이스 등에 대한 표준 제안 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(적극대응)) 표준 기술 선점을 위해 국내 기업 및 연구기관을 중심으로 다양한 제조 환경에 적용 가능한 디지털 트윈 관련 기술에 대한 표준을 제안하고, 국제표준화기구에 참여하여 활동
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609)에 5G 기반 초고속, 초저지연, 초연결 스마트 제조 환경 디지털 트윈 제조 관련 표준화 및 제조 현장의 자원(Asset)과 컴퓨팅 환경이 유기적으로 상호작용하는 사이버-물리 시스템(CPS)에서의 안전·신뢰성 확보를 위한 표준화 추진 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) 5G 및 SW안전 분야의 산/학/연 전문가 협력을 통해 디지털 제조 분야의 5G 관련 상세 기술 및 안전·신뢰성 요구사항 개발
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 및 R&D 중후기 전략 : 표준 적합성 확보를 위한 특허 재설계 전략) 디지털 트윈 제조 프레임워크 표준(ISO 23247) 기반으로 설계되는 기술 및 적용 방법에 대해 특허 출원 및 기존 특허 재설계
기술개발 -표준화 -IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 국제적으로 디지털트윈 기술의 발전 및 확산이 가속화 되고 있어 핵심 기술 및 응용 기술을 개발하고, 표준에 적용될 수 있도록 병행하여 추진

(지속/확산공략 병행) 스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p> <p>국제대비 국내 표준화 역량</p> <p>국제대비 국내 기술개발 수준</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA CPS PG, KOSMIA, 5G SFA, MEC포럼
	국제	ETSI MEC, 3GPP SA2/SA6, ITU-T SG11					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, KT, SKT, LGU+, 5G SFA					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	(미국) Amazon/Microsoft/Google/IBM/HPE, (이스라엘) Saguna, (독일) MobileEdgeX/SIEMENS, (중국) Huawei	기술 수준	90% (선도국가대비)			
표준화 단계	국내	□표준기획→□의제연구→□항목승인→■표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(미국) Amazon/Microsoft/Google/IBM/HPE, (이스라엘) Saguna, (독일) MobileEdgeX, (중국) Huawei	표준 수준	85% (선도국가대비)			
<p>- Trace Tracking : 지속/확산공략(Ver.2021) → 지속/확산공략(Ver.2022)</p> <p>공장 내에서 발생하는 대용량의 데이터를 지능적으로 활용하기 위해 유/무선네트워크와 밀접하게 연계되는 기술로써, ETSI, 3GPP, ITU-T등에서 표준화를 지속적으로 추진하는 분야임. 기본적인 표준은 제정되어 있으나 통신망연동, 상호운용, 유즈케이스 등 실제 공장에서 활용되기 위한 구체적인 적용 및 활용방안에 대한 표준화가 지속적으로 추진되고 있어 높은 국내 역량을 바탕으로 한 후속/개정 표준화 주도및 추가적인 틈새표준 발굴이 필요하여 지속/확산공략 항목으로 분류</p>							

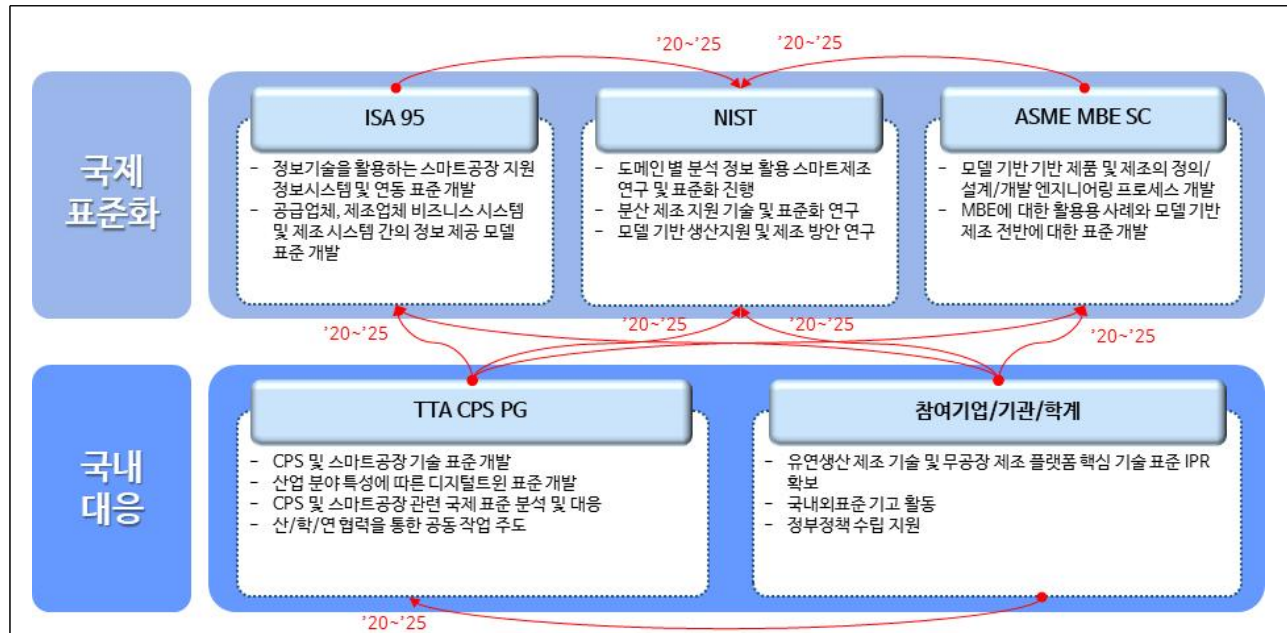


< 국제 표준화 대응체계 >

국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - ITU-T SG11에서는 인공지능을 위한 지능형 엣지 컴퓨팅 표준화 및 통신사업자간 연동을 위한 연합멀티 액세스 엣지 컴퓨팅 표준화 진행 중 - ETSI MEC에서는 플랫폼 및 API 표준 제/개정을 추진 중이며, 3GPP에서 제안하고 있는 MEC 연동 표준을 활용한 다양한 응용분야 요구사항 및 적용 사례 표준화를 계획 - 3GPP SA에서는 Release17에서 5G 통신망에 MEC를 적용하기 위한 표준화를 추진할 계획 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화 기구 활동(적극대응)) ITU-T SG11의 지능형 엣지 컴퓨팅 표준 및 연합멀티 액세스 엣지 컴퓨팅 표준을 리딩하며 ETSI MEC의 플랫폼 및 스마트공장 참조모델 표준 개발에 적극 참여 - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화 기구 활동(적극대응)) 3GPP SA 등에서 개발하는 5G 기반 엣지 컴퓨팅 서비스 표준 현황을 분석하고, 국내에서 선도적으로 진행하고 있는 스마트공장 적용 사례를 사실표준화 추진
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609)에서 국내 산·학·연 기관과의 협조를 통해 표준화된 On-site 엣지 성능요소 평가 지침 및 참조구조 표준화 활동을 계획하고 있으며, 2020년에 창설된 MEC 포럼에서 스마트공장을 포함하는 다양한 분야의 서비스 모델을 개발 계획 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)에 스마트공장 및 엣지 컴퓨팅 관련 산·학·연 전문가를 참여시켜 MEC을 활용한 스마트공장 요구사항 및 참조모델 표준 개발 - (표준화 포럼 활동) MEC 국내외 동향에 기반한 기술 표준 개발 및 프레임워크를 구축하고 다양한 분야의 전문가를 통해 MEC기반 서비스의 연관산업 확산을 위한 실증서비스 모델 발굴 및 확산에 적극 참여
표준특허 전략	<p>- (표준 중후기 및 R&D 초중기 전략 : 표준안 공백분야 도출 전략) 엣지 기반 스마트공장의 유즈케이스 및 실시 사례를 수집하여 미흡한 분야의 표준화를 추진하고, 향후 다양한 서비스를 제공할 수 있는 비즈니스 특허 발굴 및 출원 추진</p>
기술개발-표준화-IPR 연계방안	<p>- 국내에서 확보한 IPR을 활용하여 on-site 엣지의 스마트공장 요구사항 및 참조모델 표준화를 TTA, MEC포럼 등에서 적극적으로 추진하고 ITU-T SG11 및 ETSI MEC 등을 대상으로 국제 표준화 연계를 추진</p>

(차세대공략 | 병행) 스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준

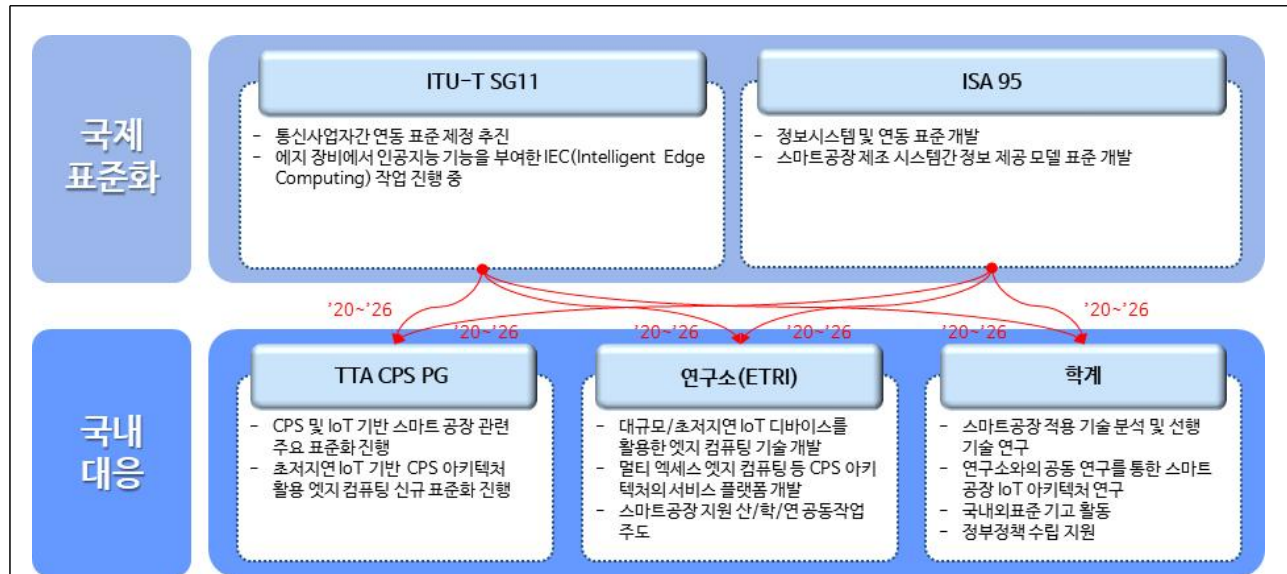
전략적 중요도 / 국내 역량				
	국내		표준화 기구/ 단체	TTA CPG PG
	국제		국 제	NIST, ISA 95, ASME MBE SC
	국내 참여 업체/ 기관			ETRI
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화		
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화		
	선도국가/ 기업	(미국) Xometry/GE, (독일) SAP, (프랑스) Dassault Systems	기술 수준	95% (선도국가대비)
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산		
	국제	□표준기획→■의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산		
	선도국가/ 기업	(미국) NIST, (독일) Fraunhofer	표준 수준	90% (선도국가대비)
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2021) → 차세대공략(Ver.2022)</p> <p>제조업의 서비스화 실현을 통해 고객 요청에 따른 맞춤형 다품종 제품 생산을 지원하는 유연생산 기술 요구 증대와 함께 아이디어 수준에서 제품 생산이 이루어지는 공장 없는 무공장 제조 실현을 지원하는 플랫폼 기술 개발의 확산을 통해 다양한 비즈니스 모델을 지원하는 국제 호환성 확보와 표준화된 플랫폼 추진이 필요한 단계로서 차세대공략 항목으로 분류</p>				



< 국제표준화 대응체계 >

국제표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - NIST의 System Integration Division에서는 분산 제조를 기반하는 공급망 구성과 유연생산 지원을 위한 표준화를 추진 중 - ASME MBE SC에서는 모델 기반의 제조 및 엔지니어링을 지원하기 위한 표준화 개발을 추진 중 - ISA 95에서는 제조산업 지원을 위해 정보 시스템 간의 데이터를 활용 정보모델 및 운영 모델 표준화를 추진 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(기초대응)) 무공장 제조 플랫폼 참조 모델을 구성하는 세부 관련 기술 분류를 통해 우선 개발 과제에 대해 사실표준화기구에 표준 제안 추진
국내표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - 유연생산 지원을 위한 무공장 제품 제조에 대한 산업별 시나리오를 분석하고, TTA CPS PG(PG609)를 중심으로 플랫폼 기반의 스마트공장 세부 기술 표준화 및 정보서비스 연동 기술에 대한 표준화를 추진 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)를 통해 유연 생산 및 무공장 제조를 위한 플랫폼 참조 모델 표준 개발 - (틈새표준 개발) 사실표준화기구에서 다루기 어렵거나 제조 환경 변화에 대한 시장 요구를 빠르게 수용할 수 있는 틈새 항목에 대해 집중 개발 및 표준화 추진
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 초중기 및 R&D 중후기 전략 : 표준 관련 특허망 구축전략) 기술 적용이 가능한 다양한 규모와 도메인 특화 비즈니스 모델에 대한 참조 모델 표준을 개발하고, 세부 기술에 따른 특허망을 구축하는 특허 전략을 추진
기술개발 -표준화 -IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 다품종 제품의 유연생산을 지원하는 무공장 플랫폼 핵심 기술 개발을 추진하는 동시에, 플랫폼 활용에 따른 산업별 특성을 고려한 사례 중심의 참조 모델 표준 개발 추진

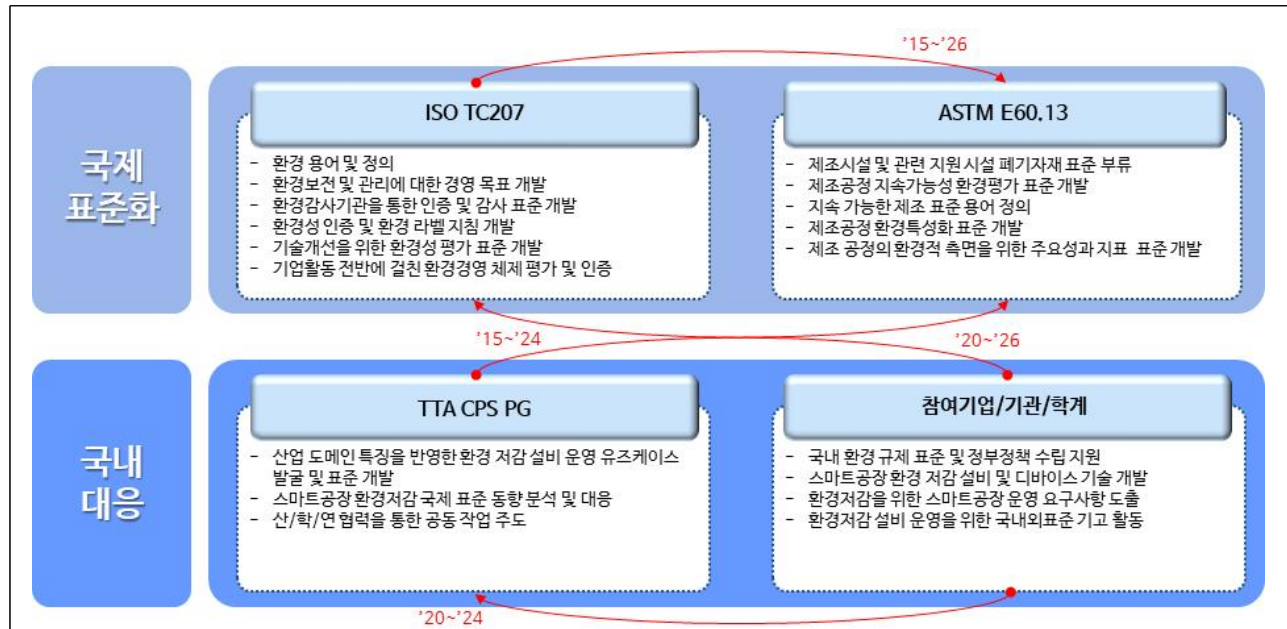
(지속/확산공략 병행) 스마트공장을 위한 IoT 아키텍처 표준					
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체
	국내	TTA CPS PG			
	국제	ITU-T SG11, ISA 95			
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성SDS, LG CNS, 포스코 ICT, SK C&C			
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화			
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화			
	선도국가/ 기업	(미국) Amazon/Intel/ARM/Google, (독일) SIEMENS	기술 수준	90% (선도국가대비)	
표준화 단계	국내	□표준기획→□의제연구→□항목승인→■표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산			
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산			
	선도국가/ 기업	(미국) NIST/IIC/OASIS, (독일) VDI/VDE, (중국) MIIT/SAC, (일본) IVI	표준 수준	85% (선도국가대비)	
<p>- Trace Tracking : 지속/확산공략(Ver.2021) → 지속/확산공략(Ver.2022)</p> <p>스마트공장 아키텍처는 다양한 제조 산업에 적용되고 있으며, 미국, 일본, 중국 등도 국가적 차원에서 아키텍처를 수립 중. 또한 미국/독일에서는 제정된 국제 표준과 이를 상업화한 플랫폼 솔루션들을 출시 중. 국내에서는 대기업 중심의 높은 IT 역량을 통해 개발이 진행 중. 국제 표준에 대한 수용과 이를 국내 산업을 위한 표준으로 구성이 필요한 단계로서 지속/확산공략 항목으로 분류</p>					



< 국제 표준화 대응체계 >

국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - ITU-T SG11에서는 IoT, 빅데이터 등을 연계한 표준화 작업이 진행 중이며, 스마트공장을 위한 통합 참조 표준 개발이 계획 중 - ISA 95에서는 MES 등의 제조 산업 지원을 위한 정보 시스템 간의 데이터를 활용 정보 모델 및 운영 모델 표준화 작업 추진 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) 멀티 에지 간 신뢰도 있는 연결/수집을 위한 연동 표준 및 IEC기능 표준 수립 주도 - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(기초대응)) 제조 시스템에서 제공되는 데이터를 분석하여 데이터의 표준 모델을 제시하고 이를 시스템 계층 간 정보 교환을 위한 프로파일 표준 수립 주도
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609)에서는 스마트공장 관련 주요 표준화를 진행 중에 있으며, COS 및 IIoT 기반의 스마트 공장 참조 아키텍처 표준화를 진행 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)를 통해 산업 도메인별 스마트공장 지원 IoT 아키텍처 표준 제안 추진 - (표준화 연계 기술 개발) 국내 산업현장의 특성을 반영한 엣지 기반 초저지연 CPS 컴퓨팅 등의 기술 개발과 병행한 국내 표준화 추진
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 및 R&D 중후기 전략 : 표준 적합성 확보를 위한 특허 재설계 전략) 스마트공장의 특성에 맞는 세부 성능 지표 및 데이터 측정 및 적용 방법에 대한 특허 출원 및 기존 특허 재설계
기술개발 -표준화 -IPR 연계방안	<ul style="list-style-type: none"> - IoT 기반 국내 스마트공장 외 성공 사례 분석 및 기술 수준을 파악하여 개발 기술이 표준에 반영될 수 있도록 병행하여 추진

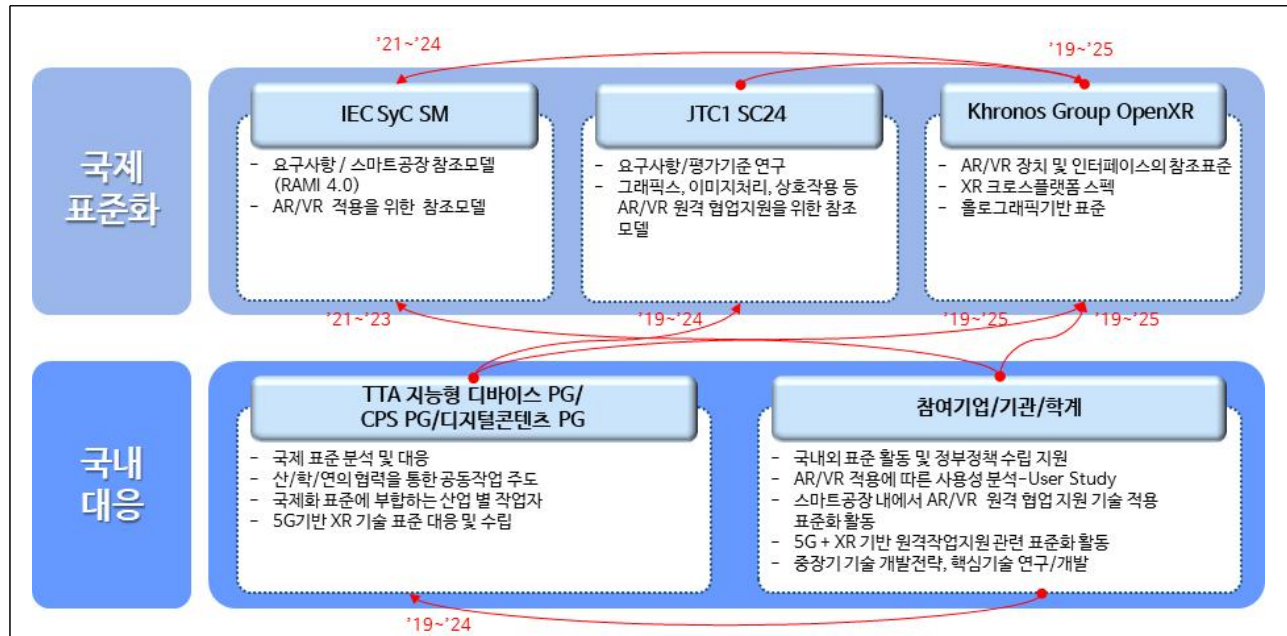
(선도경쟁공략 병행) 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준						
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성 국제표준화 국내 기여도</p> <p>국외대비 국내 표준화 역량 국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>시장/기술적 파급효과 IPR 확보 가능성</p>				표준화 기구/ 단체	
			국내	TTA CPS PG		
			국제	ISO TC207, ASTM E60.13		
		국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, LG전자, 현대자동차			
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화				
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화				
	선도국가/ 기업	(독일) SIEMENS/BENZ/BMW/Bosch, (영국) Bentley	기술 수준	90% (선도국가대비)		
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산				
	국제	□표준기획→□의제연구→■항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산				
	선도국가/ 기업	(미국) NIST, (독일) Fraunhofer	표준 수준	85% (선도국가대비)		
<p>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2021) → 선도경쟁공략(Ver.2022)</p> <p>글로벌 환경 규제 강화에 따라 제조산업의 친환경 설비 및 환경 관리 시스템 도입이 빠르게 진행되고 있으나, 스마트공장에 적합한 환경 저감 디바이스 표준 및 설비 운영에 대한 표준의 개발이 미진한 상황. 친환경 스마트공장의 미래 핵심 기술에 대응하기 위해 스마트공장 환경저감 설비 운영의 빠른 국내표준 개발을 위해 국제표준화에 대한 주도적 참여가 필요한 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>						



< 국제 표준화 대응체계 >

국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - ISO TC207에서 기업 환경 관리를 위한 요구사항 도출과 환경 관리 시스템 구축 및 운영에 대한 표준 개발 지속적으로 진행하고 있으며, 환경성과 평가 및 온실 가스 관련 표준 개발 계획 - ASTM E60.13에서는 제조업체의 프로세스 및 개별 제조 공정에서 고려될 수 있는 환경적 측면을 반영한 지속 가능한 제조 지원 표준 개발 진행 계획 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) 글로벌 환경 규제 강화에 대한 선제적인 기술 적용과 병행한 국제표준화기구 참여를 통한 표준화 주도 - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(기초대응)) 산업 도메인별로 요구되는 환경저감 설비 및 센서 장치 특성에 따른 요구사항 및 유즈케이스 개발을 통한 표준화 주도
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609)에서는 산업 도메인별 요구되는 환경저감 설비에 대한 요구사항에 대한 분석을 통해 국내 환경 규제 기준에 부합하는 환경저감 설비 및 관련 디바이스 운영에 대한 표준화 추진 필요 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)를 통해 스마트공장을 위한 환경저감 설비 및 센서 디바이스에 대한 요구사항 및 설비 운영 참조 모델 표준 개발 - (타 기술/기업과 제휴(상호지지)) 에너지, 경제, 사회 문제 등 다양한 분야에서 요구되는 환경저감 및 친환경 기술과 관련 표준을 스마트공장에 적용하기 위한 전문가 협의체 구성
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 초종기 및 R&D 중후기 전략 : 표준 관련 특허망 구축전략) 환경 규제 시급성에 따른 기술적용 분야에 대한 산업 현장 요구사항을 반영한 스마트공장 환경저감 설비 운영 표준을 개발하고, 세부 기술에 따른 특허망을 구축하는 특허 전략을 추진
기술개발 -표준화 -IPR 연계방안	<ul style="list-style-type: none"> - 표준 요구사항을 만족시키는 설비, 센서 디바이스 등의 장치 및 운영 기술 개발 및 빠른 도입과 함께 강화되는 환경규제를 반영한 표준 개발 병행 추진 필요

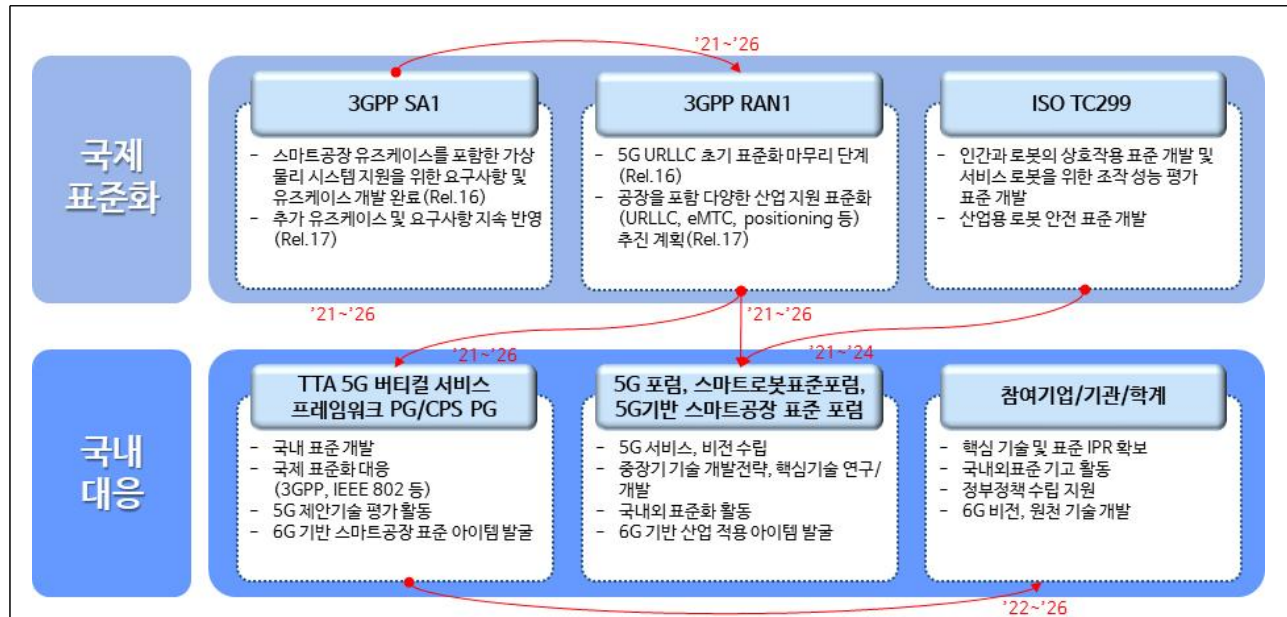
(선도경쟁공략 병행) AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량					표준화 기구/ 단체	국내	TTA 지능형 디바이스 PG/ CPS PG/ 디지털콘텐츠 PG
						국제	Khronos Group OpenXR, JTC1 SC24, IEC SyC SM
						국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, LG전자, KAIST, 전남대, 경희대, 인하대
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화					
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화					
	선도국가/ 기업	(미국) Spatial/PTC/Google/Microsoft/Facebook/Apple, (독일) SIEMENS, (프랑스) Dassault Systemes	기술 수준	85% (선도국가대비)			
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→■표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(미국) Spatial/PTC/Google/Microsoft/Facebook, (독일) SIEMENS, (프랑스) Dassault Systemes	표준 수준	85% (선도국가대비)			
<p>- Trace Tracking : 선도경쟁공략(Ver.2021) → 선도경쟁공략(Ver.2022)</p> <p>5G 등 이동통신 표준화가 본격 진행되고, 메타버스 환경 하에서 비대면 협업이 중요한 이슈도 등장. 스마트공장 내 혹은 공장 간의 협업 및 상호작용에 대한 필요성이 대두되고, AR/VR 기기의 상용화 및 협업관련 플랫폼이 개발 및 보급 중. 따라서, 기존의 표준화와 스마트공장 표준과의 연계를 통한 AR/VR 기반 원격 작업자 지원 관련 기술 표준 개발이 필요하다고 판단하여, 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>							



< 국제표준화 대응체계 >

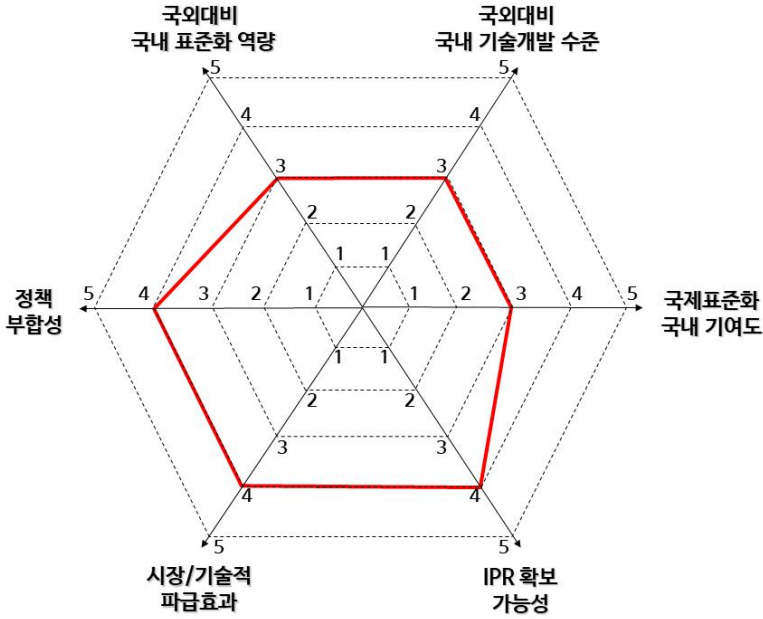
국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - Khronos Group의 OpenXR에서 AR/VR/XR 장치 및 인터페이스에 대한 기술 표준 계획. 추후 홀로그래픽기반 표준으로 확대될 것으로 예상 - IEC Syc SM에서 스마트공장 참조모델 표준을 활용한 작업자 지원 표준화 수립 예상 - JTC1 SC24의 컴퓨터 그래픽스, 이미지프로세싱 등 표준을 활용한 XR 기반 원격 협업 지원 표준 예상 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) IEC SyC SM의 RAMI 4.0과 OPC-UA, JTC1 SC24 연계 및 협력을 통한 AR/VR 기반 작업자 원격 협업 지원 기술 표준화 대응 - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(협력대응)) OpenXR을 Target SDO로 설정 및 스마트공장 내에서 XR 기반 작업자 원격 협업 지원 및 상호작용 기술 표준화를 위한 상호작용 및 인터페이스 참조모델 및 협력방안 모색
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - TTA CPS PG(PG609)에서 5G 기반 스마트공장 관련 표준화 계획 - TTA 지능형 디바이스 PG(PG415) 및 디지털콘텐츠 PG(PG610)에서는 5G와 XR을 지원하는 표준화 추진 예상 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) TTA CPS PG(PG609)를 중심으로 XR을 활용한 원격 협업 등을 지원할 수 있는 표준화에 적극 참여가 필요. 또한, TTA 지능형 디바이스 PG(PG415)의 스마트클래스와 다중 서버간 통신을 위한 QoS 관리도 고려 - (표준화위원회 포럼 신설) TTA CPS PG(PG609)/디지털콘텐츠 PG(PG610)를 중심으로 XR +5G 기술 기반 스마트공장을 위한 다양한 표준 관련 포럼 구성
표준특허 전략	<p>- (표준 및 R&D 중후기 전략 : 표준 적합성 확보를 위한 특허 재설계 전략) AR/VR/XR기반 작업자 원격지원 및 상호작용 관련 국내외 표준 기반으로 설계되는 기술 및 적용 방법에 대해 표준 적합성 확보를 위한 특허 재설계 전략이 필요함. 이와 관련된 추가적인 특허 출원 및 기존 특허 재설계가 요구됨</p>
기술개발 -표준화 -IPR 연계방안	<p>- 스마트공장 내에서 작업자를 위한 AR/VR 기반 원격 협업 지원 기술(AR/VR 공유모델, 플랫폼, 원격 상호작용 정의). 스마트공장 참조모델(예, RAMI 4.0) 적용 및 검증(기기와 AR/VR 모델 연동, 서비스 기능 정의, 설비와 AR/VR 모델 동기화)</p>

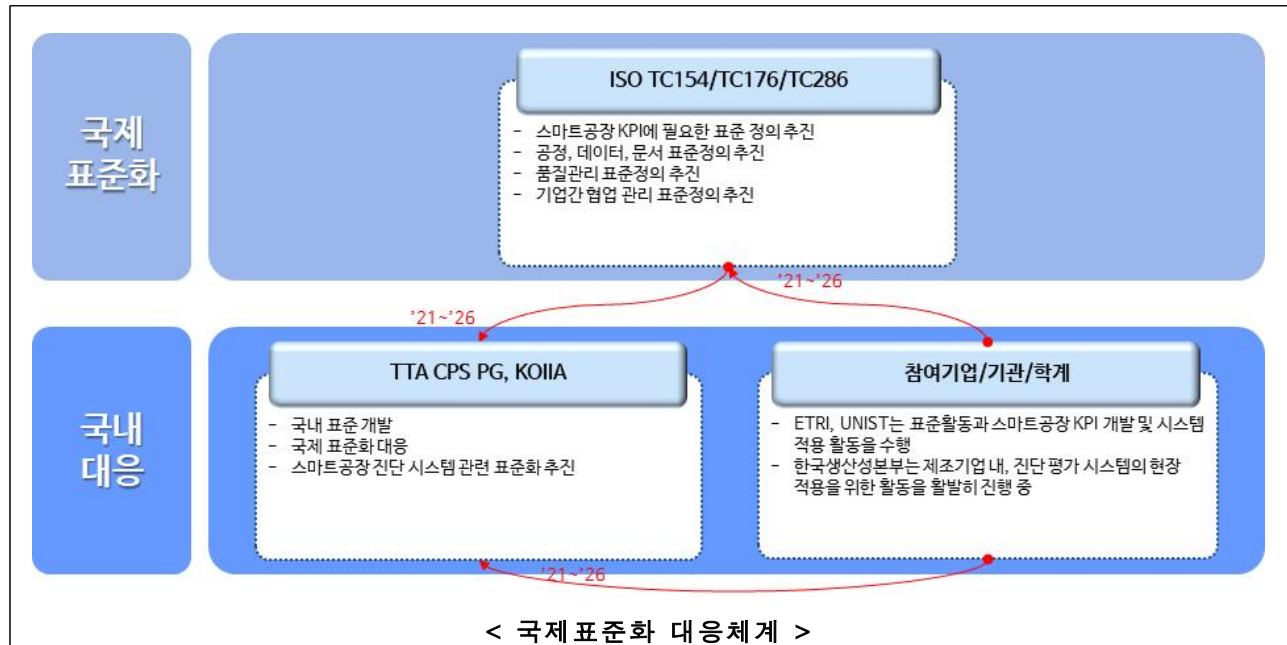
(지속/확산공략 병행) 5G를 적용한 스마트공장 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>국외대비 국내 표준화 역량</p> <p>국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA 5G 버티컬 서비스 프레임 워크 PG/ CPS PG, 5G포럼, 스마트 로봇 표준포럼, 5G기반 스마트 공장 표준 포럼
	국제	3GPP SA1/RAN1, ISO TC299					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, LG전자, KT, SKT, LGU+					
기술 개발 단계	국내	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input checked="" type="checkbox"/> 시작품→ <input type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화					
	국외	<input type="checkbox"/> 기초연구→ <input type="checkbox"/> 실험→ <input type="checkbox"/> 시작품→ <input checked="" type="checkbox"/> 제품화→ <input type="checkbox"/> 사업화					
	선도국가/ 기업	(미국) Qualcomm, (스웨덴) Ericsson, (핀란드) Nokia, (중국) Huawei, (독일) Bosch/SIEMENS	기술 수준	90% (선도국가대비)			
표준화 단계	국내	<input type="checkbox"/> 표준기획→ <input type="checkbox"/> 의제연구→ <input type="checkbox"/> 항목승인→ <input type="checkbox"/> 표준초안→ <input checked="" type="checkbox"/> 표준승인/발간→ <input type="checkbox"/> 표준활용/확산					
	국제	<input type="checkbox"/> 표준기획→ <input type="checkbox"/> 의제연구→ <input type="checkbox"/> 항목승인→ <input type="checkbox"/> 표준초안→ <input checked="" type="checkbox"/> 표준승인/발간→ <input type="checkbox"/> 표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(미국) Qualcomm, (스웨덴) Ericsson, (핀란드) Nokia, (중국) CMCC/Huawei, (독일) Bosch	표준 수준	90% (선도국가대비)			
<p>- Trace Tracking : 선도경쟁공략(Ver.2021) → 지속/확산공략(Ver.2022)</p> <p>5G 이동통신 표준에서 스마트공장을 지원하기 위한 표준은 URLLC를 중심으로 활발한 표준화 진행 중으로, Rel.16에서 본격적으로 반영되기 시작한 후 Rel.17에서도 중점 표준화 항목으로 추진 예정. 한국은 5G 등 ICT 분야에서 서비스를 선도하고 있으며, 주요 생산 국가이며, 국가 전략적으로 restoring을 추진 중이므로 지속/확산공략 항목으로 분류</p>							



< 국제 표준화 대응체계 >

국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - 3GPP에서는 NR light, IIoT and URLLC enhancement 등 5개 아이টে에 대해 Rel.17에서 추진 중이며 2021년 Q3 프리징 예정 - ISO TC299에서는 서비스 로봇을 비롯한 다양한 로봇 분야에 대한 표준화를 확대하는 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (사실표준화 대응전략 : 사실표준화기구 활동(적극대응)) 3GPP 표준 대응은 두가지 방향이 있음. 국내의 생산 기반을 바탕으로 생산 현장에서의 5G 통신 요구사항을 발굴하고 이를 3GPP 표준의 요구사항에 반영하는 방향. 두 번째는 3GPP에서 정한 요구사항을 만족할 수 있는 무선 기술과 코어네트워크 기술의 개발 및 표준 반영 - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) ISO TC299의 경우 로봇에 대한 표준을 확대하고 있으므로 공장에서의 활용 가능성 확인을 위해 지속적인 모니터링 필요
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - 5G포럼의 스마트공장위원회, 생태계전략위원회를 중심으로 공장에서의 주파수를 포함한 요구사항을 수집하고 유즈케이스 발굴 작업 추진 - TTA 5G 버티컬 서비스 프레임워크 PG(PG1104)에서 스마트공장의 유즈케이스, 요구사항, 지원 기술 및 활용 사례를 정리하여 표준화 예정 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) 국내 다양한 공장을 논의(TTA 5G 버티컬 서비스 프레임워크 PG(PG1104), 5G포럼, 스마트로봇표준포럼, 5G기반 스마트공장 표준 포럼)에 참여 유도하고, 5G의 적용을 시도하면서 유즈케이스와 요구사항을 지속 개발
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 및 R&D 중후기 전략 : 표준 정합성 확보를 위한 특허 재설계 전략) 표준 5G 기술과 국내 생산 현장에서의 융합을 실시하면서 발생하는 요구사항을 3GPP를 비롯한 표준화 과정에 반영. 현장에서의 5G 표준 기술 적용과 관련된 특허 선 확보가 필요하며, 5G 통신 자체 표준보다 5G 통신 기술을 생산 현장에 적용하면서 발생하는 응용 기술에 대한 특허 공략
기술개발 -표준화 -IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 5G의 스마트공장 적용은 실시 초기 단계로, 새로운 유즈케이스와 이에 따른 요구사항에 따라 새로운 기술과 표준이 필요해 지는 분야임. 따라서 기술개발 및 현장에서의 적용과 표준화를 병행 추진하되, 둘 간의 유기적인 협력 관계가 유지될 수 있도록 추진 필요

(차세대공략 병행) 스마트공장 KPI 분석 표준						
전략적 중요도 / 국내 역량				표준화 기구/ 단체	국내	TTA CPS PG, KOIIA
					국제	ISO TC154/ TC176/TC286
					국내 참여 업체/ 기관	ETRI, UNIST, 한국생산성본부
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화				
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화				
	선도국가/ 기업	(미국) NIST, (독일) MPDV			기술 수준	80% (선도국가대비)
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산				
	국제	□표준기획→■의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산				
	선도국가/ 기업	(미국) NIST			표준 수준	80% (선도국가대비)
<div>- Trace Tracking : 차세대공략(Ver.2022 신규)</div> <div>스마트공장 KPI 분석 표준은 제조기업 평가지표와 스마트공장 ICT 기술에 대한 평가지표로 확장이 가능한 표준으로 스마트공장의 미래 핵심기술이며, 신규 표준 제안을 통해 표준화를 선점할 수 있는 분야임. 현재, 국내 표준은 국제표준에 비해 거의 진행된 바가 없는 상태이며, ICT 기술과의 융합을 통한 KPI 기술의 국제표준화 발판 마련을 위해 차세대공략 항목으로 분류</div>						



국제 표준화 대응 방안	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - ISO TC154는 제조기업의 공정, 데이터, 문서와 관련된 표준을 추진 중 - ISO TC176는 제조기업의 품질관리 관련된 표준을 추진 중 - ISO TC286는 기업 간 발생할 수 있는 협업 관리 표준을 추진 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (공식표준화 대응전략 : 국제표준화기구 활동(기초대응)) 스마트공장 보급률이 높은 산업군을 대상으로 표준 주도가 필요하며, 국내 여건에 맞는 스마트공장 공급기술의 수준을 평가할 수 있는 KPI 정의 표준 제안 추진
국내 표준화 추진 계획	<p><표준화 계획></p> <ul style="list-style-type: none"> - 스마트공장 관련 사업의 시작 단계보다 다소 스마트공장 KPI 분석 표준 활동은 다소 저조한 실정으로 2022년 스마트공장 보급이 완료된 이후, TTA CPS PG(PG609)에서 관리 목적으로 KPI 시스템 적용 표준을 계획 중 <p><대응방안></p> <ul style="list-style-type: none"> - (표준화위원회 PG 활동) 2022년 3만개 스마트공장 보급이 완료된 이후, 적용된 스마트공장을 진단하고 평가할 수 있는 KPI 도출이 필요하며, 이를 관리하기 위한 플랫폼의 개발이 필요함. 또한, 중장기 로드맵 수립을 통한 국제 표준 연계 활동 필요
표준특허 전략	<ul style="list-style-type: none"> - (표준 초중기 및 R&D 중후기 전략 : 표준 관련 특허망 구축전략) 스마트공장 KPI 표준의 경우, 전 산업에 적용이 가능한 부분으로 산업별로 KPI 항목, 가중치, 평가방법 등에 대한 특허와 관리 방법 및 시스템에 대한 특허 선 확보
기술개발 -표준화 -IPR 연계 방안	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트공장 KPI 분석 표준의 경우 ICT 기술의 산업 내 적용 후 KPI 도출 및 평가가 가능한 경우가 많으며, ICT 기술과 융합을 통한 표준화 진행이 필요하고 향후 KPI관리를 위한 플랫폼의 IPR 연계 추진

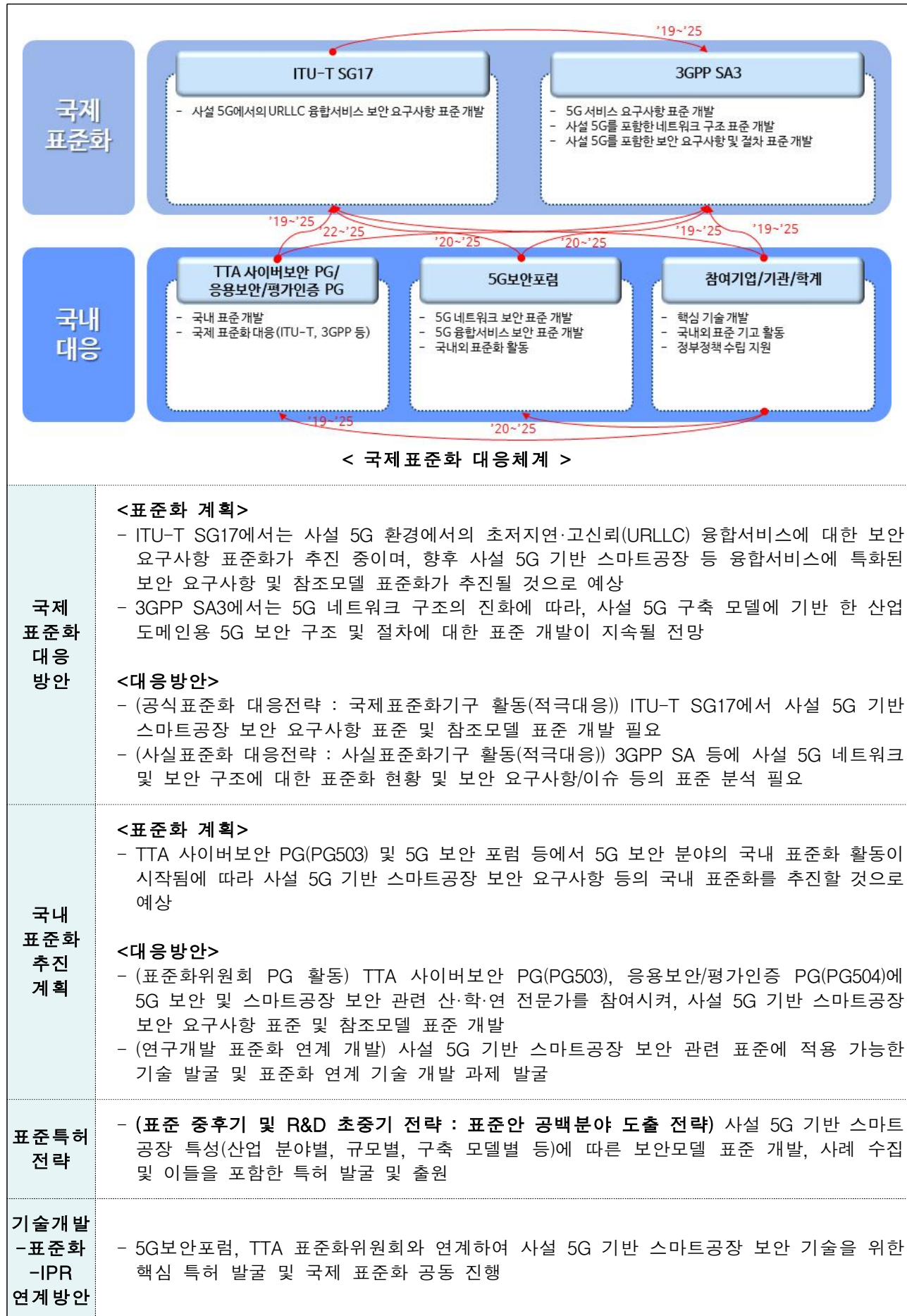
(선도경쟁공략 병행) AI 기반 스마트공장 요구사항 표준							
전략적 중요도 / 국내 역량	<p>국외대비 국내 표준화 역량</p> <p>국외대비 국내 기술개발 수준</p> <p>정책 부합성</p> <p>국제표준화 국내 기여도</p> <p>시장/기술적 파급효과</p> <p>IPR 확보 가능성</p>				표준화 기구/ 단체	국내	TTA 인공지능 기반기술 PG
	국제	ITU-T SG16					
	국내 참여 업체/ 기관	ETRI, 삼성전자, LG전자, KT, 포스코, 현대자동차					
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화					
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→□제품화→■사업화					
	선도국가/ 기업	(미국) GE/Rockwell Automation, (독일) SIEMENS/SAP SE		기술 수준	80% (선도국가대비)		
표준화 단계	국내	■표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→■표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산					
	선도국가/ 기업	(미국) Fisher-Rosemount Systems, Inc./ Strong Force IoT Portfolio 2016, LLC		표준 수준	80% (선도국가대비)		
<p>- Trace Tracking : 선도경쟁공략(Ver.2022 신규)</p> <p>IoT와 빅데이터 등의 수집 기술의 발달과 5G를 통한 통신/네트워크의 발달로 머신러닝과 딥러닝에 필수적인 데이터 확보가 이루어짐, 이 수집된 빅데이터를 AI 기술로 분석하고 분석결과를 작업장, 조립라인, 설비, 제조공정 등에 적용하여 효율성을 극대화하기 위한 AI 기반 스마트공장이 글로벌 기업 및 국내 기업들 사이에 핵심 화두가 될 것으로 보이며, 대폭적인 성장이 예상되므로 AI 기반 스마트공장에 대한 표준화 작업 항목을 식별하고 글로벌 흐름에 맞추어 표준화 제정 필요하여 선도경쟁공략 항목으로 분류</p>							



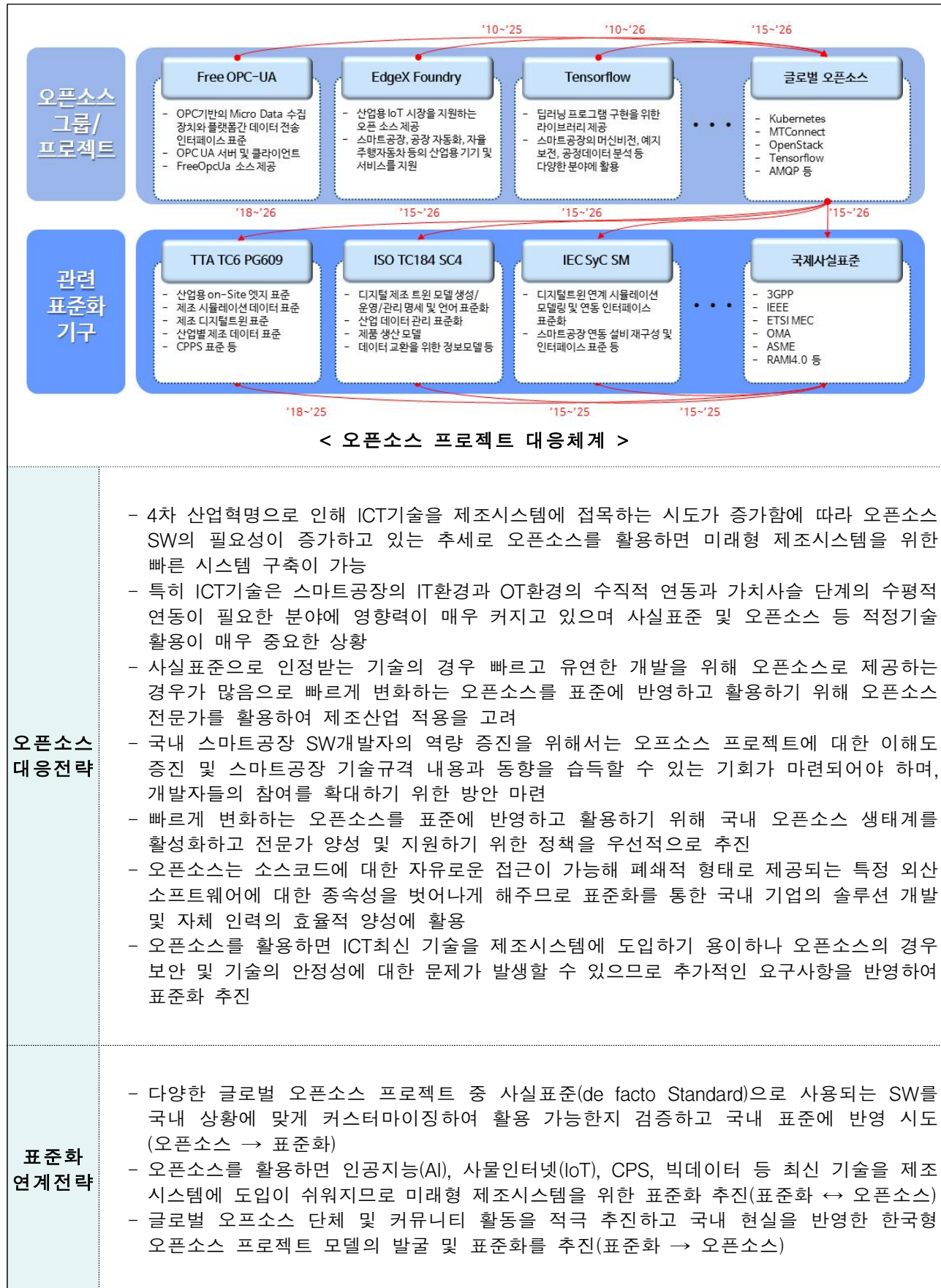
(지속/확산공략 병행) 3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준					
전략적 중요도 / 국내 역량				표준화 기구/ 단체	국내 TTA 디지털콘텐츠 PG, 3D프린팅창의 융합표준화포럼
					국제 JTC1 WG12, ISO TC261, OMA CD
					국내 참여 업체/ 기관 ETRI, KETI, 연세대, 아주대, 건국대, 한성대
기술 개발 단계	국내	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화			
	국외	□기초연구→□실험→□시작품→■제품화→□사업화			
	선도국가/ 기업	(미국) Stratasys/Autodesk, (벨기에) Materialise	기술 수준	85% (선도국가대비)	
표준화 단계	국내	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산			
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산			
	선도국가/ 기업	(독일) EOS	표준 수준	90% (선도국가대비)	
<div>- Trace Tracking : 지속/확산공략(Ver.2022 신규) 한국은 JTC1 WG12(3D Printing and scanning)을 ETRI 주도로 설립하고 컨비너의 역할을 수행하고 있으며, 클라우드 기반 3D 프린팅 서비스 등 ICT 관점의 3D 프린팅 표준화를 추진 완료. 현재 메디컬 프린팅 요구사항 표준의 완성단계에 있으며 후속표준 및 틈새 표준 등이 예상됨으로 지속/확산공략 항목으로 분류</div>					



(지속/확산공략 병행) 사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준					
전략적 중요도 / 국내 역량				표준화 기구/ 단체	국내 TTA 사이버보안 PG/ 응용보안/평가 인증 PG, 5G보안포럼
					국제 ITU-T SG17, 3GPP SA3
					국내 참여 업체/ 기관 ETRI, KISA, IITP, TTA, 삼성전자, LG전자, KT, SKT, LGU+
기술 개발 단계	국내	□기초연구→■실험→□시작품→□제품화→□사업화		기술 수준	80% (선도국가대비)
	국외	□기초연구→□실험→■시작품→□제품화→□사업화			
	선도국가/ 기업	(독일) 5G-ACIA/Bosch, (미국) Verizon, (일본) NTT Communications/NEC/Fujitsu, (핀란드) Nokia			
표준화 단계	국내	□표준기획→□의제연구→■항목승인→□표준초안→□표준승인/발간→□표준활용/확산		표준 수준	80% (선도국가대비)
	국제	□표준기획→□의제연구→□항목승인→□표준초안→■표준승인/발간→□표준활용/확산			
	선도국가/ 기업	(독일) 5G-ACIA, (중국) Huawei/ZTE, (핀란드) Nokia, (스웨덴) Ericsson			
<div>- Trace Tracking : 지속/확산공략(Ver.2022 신규) 3GPP 주도의 5G 이동통신 표준화가 Rel-15/Rel-16 규격이 완료되면서 공중망과 다른 사설 5G를 위한 보안 절차 규격을 개발한 바 있으나, 보다 개선된 보안성을 보장하기 위한 표준 개발이 계속 진행 중. 국제 표준에 대한 수용과 국내 사설 5G 기반 스마트공장 보안 기술 표준 개발이 필요한 단계로서 지속/확산공략 항목으로 분류</div>					



3.3. 오픈소스 국내외 추진전략



3.4. 중장기(5개년) 표준화 계획

구분	2021	2022	2023	2024	2025
Smart APS 시스템 표준	국제 표준	ITU-T SG20, 스마트 미터링 표준	ITU-T SG20, 엣지 컴퓨팅 게이트웨이 표준	ISA 95, 제조 응용 통합 표준	
	국내 표준		TTA PG609, CPS 기반 스마트공장 고도화 표준	TTA PG609, SmartAPS 기능 표준	
	기술 개발	APS 솔루션 보급	Cloud 기반 APS 서비스	AI 기반 APS 개발	엣지/클라우드 연계형 APS 개발
CPPS 기반 디지털 제조 플랫폼 표준	국제 표준		IEC Sysc SM, 스마트 제조 참조모델 표준		JTC1 SC29, Immersive Media 표준
	국내 표준		TTA PG609, 제조 디지털트윈 참조모델 표준	TTA PG609, 제조 디지털트윈 명세모델 표준	TTA PG609, CPPS 기반 디지털제조 플랫폼 표준
	기술 개발		제조 디지털트윈 생성 기술	제조 디지털트윈 플랫폼 기술	몰입형 미디어 획득/송수신 기술
스마트 공장을 위한 On-Site 엣지 표준	국제 표준	ETSI MEC, MEC 플랫폼 및 서비스 API 표준	3GPP SA, 5G 기반 스마트 공장 요구사항 표준	ITU-T SG11, 멀티 액세스 엣지 컴퓨팅 표준	ETSI MEC, 차세대 MEC 플랫폼 표준
	국내 표준	TTA PG609, 스마트공장을 위한 On-Site 엣지 표준	MEC 포럼, 스마트팩토리를 위한 MEC 레퍼런스 표준	TTA PG609, 제조 디지털트윈의 실시간 제어를 위한 FactoryEdge 표준	TTA PG609, 엣지 기반 제조 메타버스 구축 표준
	기술 개발	러거드 엣지 서버 플랫폼	5G 기반 제조용 On-Site 엣지 플랫폼	Private 5G를 위한 FactoryEdge 플랫폼	스마트공장을 위한 AIFactoryEdge 플랫폼
스마트제조 유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼 참조 모델 표준	국제 표준		ISA95, 스마트공장 데이터 수집 표준	ASME MBES C, 모델 기반 엔지니어링 표준	NIST, 분산제조 기반 공급망 구성 표준
	국내 표준		TTA PG609, 분산제조 지원 제조 데이터 연동 표준	TTA PG609, 무공장 제조 플랫폼 참조 모델	
	기술 개발	디지털 트윈 기반 제조 공장 연동 기술	가상 공장 기반 가치사슬 구성 기술		유연생산 지원 무공장 제조 플랫폼
스마트 공장을 위한 IoT 아키텍처 표준	국제 표준		ITU-T SG11/ISA 95, 스마트공장 IoT 아키텍처 기능정의 표준	ITU-T SG11/ISA 95, 스마트공장 IoT 네트워크 프로토콜 표준	
	국내 표준		TTA PG609, 스마트공장 IoT 아키텍처 데이터 I/F 정의	TTA PG609, 스마트공장 IoT 통신정의 및 방식 표준화	
	기술 개발		IoT 장비간 센서 인터페이스 개발	IoT Cloud/Edge 계층간 표준통신 기술 개발	
스마트공장 환경저감 설비 운영 표준	국제 표준		ISO TC207, 스마트공장 국제 환경 표준		ASTM E60.13, 스마트공장 환경 저감 운영 표준
	국내 표준		TTA PG609, 환경저감 설비 및 센서 기술 요구사항 표준	TTA PG609, 도메인별 환경저감 설비 운영 표준	
	기술 개발	환경 감지 스마트 센서 기술 개발	환경규제 대응 저감 설비 기술 개발		친환경 스마트 공장 운영 플랫폼
AR/VR 기반 작업자 원격 협업 및 상호작용 지원 기술 표준	국제 표준	JTC1 SC24, 그래픽스 이미지프로세싱 및 상호작용 표준		Khronos OpenXR, 확장현실(XR) 기반 기술 표준	Khronos OpenXR, 홀로그래픽 기반 기술 표준
	국내 표준	TTA PG606/PG415, 스마트클래스 상에서 증강현실 콘텐츠 가상화 및 공유	TTA PG1104, 5G 기반 원격 협업 기술 표준	TTA PG1104, XR 기반 원격 협업 기술 표준	
	기술 개발		5G 기반 XR 상호작용 및 원격 협업 기술		5G+XR 기반 홀로그램 기반 원격 작업 지원 기술
5G를 적용한 스마트공장 표준	국제 표준		3GPP, 스마트공장 산업 지원 표준 (Release 17)	3GPP, 스마트공장 산업 적용 통신 프로토콜 표준 (Release 18)	
	국내 표준		TTA PG1104, 5G 공장 적용 요구사항 표준	TTA PG1104, 5G 산업 적용 기술 및 6G 비전, 유스케이스 표준	
	기술 개발			5G 산업 적용 기술 유스케이스 확대	6G 비전, 유스케이스

구분		2021	2022	2023	2024	2025
스마트공장 KPI 분석 표준	국제 표준		ISO TC154, 제조기업 공정, 데이터생산성과지표 표준	ISO TC154, 제조기업 전주기 상호연동 측정지표 표준		ISO TC286, 스마트공장 협업 관리 표준
	국내 표준		TTA PG609, 스마트공장 진단 시스템 표준		TTA PG609, 스마트공장 상호연동 측정지표 표준	
	기술 개발		공정 수준 평가/진단 KPI 시스템	ICT(AI 등) 적용 평가/진단 KPI 시스템	KPI 통합관리 플랫폼 기술	
AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	국제 표준		ITU-T SG16, AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	JTC1 SC42, AI 기반 스마트공장 관련 표준	IEEE, 인공지능 기술 설계 단계 필요 윤리 표준	
	국내 표준		TTA PG1005, AI 기반 스마트공장 요구사항 표준	TTA PG1005, AI 신뢰성·안전성 검증 품질관리체계 표준		TTA PG1005, AI 기반 스마트공장 윤리 표준
	기술 개발	AI 반도체 기술	설명 가능한 AI 시스템 개발	AI 개인비서 (IVA: Intelligent Virtual Assistant)	AI 기반 스마트공장 데이터 플랫폼 기술	
3D 프린팅 파일포맷 및 출력 서비스 플랫폼 표준	국제 표준		JTC1 WG12, 메디컬 프린팅 요구사항 표준	ISO TC/261, 메디컬 프린팅 안전성 관련 표준		JTC1 WG12, 메디컬 프린팅 파일포맷/서비스 표준
	국내 표준		TTA PG 610, 의료 관련 품질평가 표준	TTA PG 610, 금속 프린팅 품질평가 표준		
	기술 개발		메디컬 프린팅 출력물 안전성 평가 기술	금속 프린팅 출력물 안전성 평가 기술		온라인 프린팅 출력물 관리/서비스 플랫폼 기술
사설 5G 기반 스마트공장 보안기술 표준	국제 표준		3GPP, Release 17 ITU-T SG17, 사설 5G URLLC 융합서비스 보안 요구사항 표준		3GPP, Release 18	
	국내 표준		TTA PG504, 5G 비공용 네트워크에서 URLLC 지원 버티컬서비스 보안 요구사항 표준	TTA PG503, 사설 5G 스마트공장 보안 요구사항 표준	TTA PG503, 사설 5G 기반 스마트공장 보안 참조모델 표준	
	기술 개발		5G 코어망 보안 기술		5G 엣지 보안 기술	

[작성위원]

구분	소속	성명	직위	국내외 표준화활동
총괄	IITP	박문주	PM	▶ 과기정통부 ICT 융합기술 PM
분과장	ETRI	전인걸	책임	▶ TTA CPS PG(PG609) 의장, MEC포럼 기술표준분과 위원
위원	ETRI	강성주	책임	▶ TTA CPS PG(PG609) 위원, MEC포럼 기술표준분과 위원
위원	TTA	공준익	책임	▶ TTA CPS PG(PG609) 위원
위원	KISTI	김명일	센터장	▶ TTA 디지털콘텐츠 PG(PG610) 금속적층가공 관련 표준화 참여 ▶ 중기부 스마트 제조혁신 기술개발사업 기획위원
위원	네이버시스템	김영곤	이사	▶ 빅데이터 기반 항공안전관리 기술개발 및 플랫폼 구축 내 표준화 체계/표준코드 체계 구축 공동연구기관 연구책임자
위원	일주지엔에스	김정엽	대표	▶ 기계로봇 스마트공장 협업패키지 개발 PM ▶ 한국조선해양플랜트협회 IT융합분과위원
위원	ETRI	나갑주	선임	▶ TTA CPS PG(PG609) 위원
위원	EricssonLG	박동주	실장	▶ TTA 이동통신 네트워크 PG(PG1103) 위원, 5G 버티컬 서비스 프레임워크 PG(PG1104) 부의장, 5G포럼 생태계전략위원회 위원장
위원	ETRI	박종근	책임	▶ MEC포럼 기술표준분과 위원
위원	ETRI	이승욱	책임	▶ IEEE 표준화 멤버, OMASpecWorks CD 그룹 부의장 ▶ TTA 디지털콘텐츠 PG(PG610) 위원
위원	전남대	이재열	교수	▶ 한국CDE학회 이사, Journal of Computational Design and Engineering - Associate Editor, 한국지능정보시스템 학회지 편집위원
위원	한국생산기술 연구원	조용주	수석	▶ 중기부 중소벤처기업부 중소기업정책심의회 분과 전문위원
위원	국가기술표준원	최동학	국가표준 코디	▶ 국가기술표준원 스마트제조 국가표준 코디네이터
특허분석	특허법인 광앤장	장홍석	변리사	▶ TTA 표준화전략맵 스마트공장 특허분석
TTA PG담당	TTA	김찬영	선임	▶ TTA CPS PG(PG609) 담당
사무국	TTA	전보라	책임	▶ TTA 표준화전략맵 스마트공장 분야 담당

[참고문헌]

1. 강성주 외 2인, “URLLC를 위한 MEC 기반의 디지털 트윈 기술 강성주 정보와 통신,” 한국통신학회지, v.35 no.11, pp.40-45
2. 강성주 외 4인, “초저지연 제어를 위한 CPS 아키텍처 설계,” 대한임베디드공학회논문지, v.14 no.5, pp.227-237
3. 과기정통부 외, 2019년 3D프린팅산업 진흥 시행계획, 2019.2
4. 관계부처 합동, “5G기반 스마트공장 고도화 전략(안)”, 2019.10.
5. 김귀훈 외, “지능형 엣지 컴퓨팅 기술 표준화 동향”, TTA 저널, Vol. 181, 2019.1
6. 김민석, 서동우, 이재열, 김명일, 김호윤, 김재성, 현실 환경에서 증강현실과 딥러닝을 활용한 M&S 모델 증강가시화, 한국CDE학회 논문집, 24(2), pp. 180-191, 2019
7. 나갑주 외, “MEC를 활용한 스마트조선소 구축 방안”, 한국통신학회지(정보와 통신) 제35권 제 11호, 2018.11
8. 로봇신문, “본격 도약기 맞은 자율 이동 로봇(AMR) 시장”, 2019.3
9. 박동주, “[표준·시험인증 정책 기술 동향] 스마트공장을 위한 3GPP 표준 현황”, TTA저널 Vol. 185, 2019. 09/10, pp. 89-95
10. 박동주, 박병성, “5G 네트워크 기술 현황 및 진화 방안”, 정보통신기획평가원(IITP) 주간기술동향 1905호, 2019년 7월, pp14-26
11. 박민철, “MEC 개요 및 오픈소스 동향”, NIA, Vol.8, 2019.11.
12. 서준호, “지능형 로봇의 최신 기술 및 표준동향”, KATS 기술보고서, 2017.2
13. 이남우, “협동로봇 산업동향”, 융합연구정책센터, 2018.4
14. 이현정, 유상근, 김용운, “스마트공장 기술 및 표준화 동향”, 전자통신동향분석, 제32권 제3호, pp.78-88, 2017
15. 이현정, 유상근, 김용운, “스마트제조 표준화 동향”, TTA 저널, Vol. 181, 2019.1-2
16. 전인걸, 표준화PG탐방 : CPS프로젝트그룹, TTA저널, 2019.1
17. 정득영, 김상태, 김연배, “디지털 트윈의 기술적 정의와 세부적 발전 5단계(level) 모델”, 정보통신기획평가원(IITP) 주간기술동향 1983호, 2021.2
18. 정보통신기획평가원, “ICT융합·방송·콘텐츠”, ICT R&D 기술로드맵 2025
19. ㈜디피라인, “미국·일본 자율주행로봇 서비스 사례 연구 및 국내 적용가능성 연구”, 대통령직속 4차산업혁명위원회, 2019.1
20. 중소벤처기업부, “스마트제조-디지털트윈 생산시스템”, 중소기업기술로드맵 2021~2023
21. 채송화, “사례로 살펴보는 제조업의 서비스화 현황”, IITP, ICT SPOT ISSUE, 2018년 3호
22. 최기호, 방건, “MPEG-I 비디오 표준화 동향”, 방송과 미디어 23(4), 2018.10
23. 표준연구본부, “스마트제조 기술 및 표준”, ETRI Insight, 2018.1
24. 한국생산기술연구원, “공장없는 제조기업을 위한 온라인 플랫폼 활성화 전략 연구”, 연구보고서, 2018.11
25. LG CNS, “인간과의 공존이 가능한 스마트 팩토리 협동 로봇”, 2019.3
26. ANSI/ISA-95.00.01-2010(IEC 62264-1 Mod) American National Standard, Enterprise-Control System Integration, Part1~5

27. Choi, S.H., Kim, K., & Lee, J.Y., Situation-dependent remote AR collaborations: Image-based collaboration using a 3D perspective map and live video-based collaboration with a synchronized VR mode, *Computers in Industry*, 101, pp. 51-66, 2018.
28. ETSI MEC, https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/MEC/01_09/03/02.01.01_60/gs_MEC003v020101p.pdf
29. Francisco Fraile, Raquel Sanchis, Raul Poler and Angel Ortiz, "Reference Models for Digital Manufacturing Platforms", 2019.10
30. Henderson, S.J., & Feiner, S.K., Augmented reality in the psychomotor phase of a procedural task, *Proc. ISMAR'11*, pp. 191-200, 2011
31. I. Remadna, S. L. Terrissa, R. Zemouri, and S. Ayad, "An overview on the deep learning based prognostic," in 2018 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies(IC ASET), pp. 196 - 200. IEEE, 2018
32. Kim, K., Lee, J.Y., Touch and hand gesture-based interactions for directly manipulating 3D virtual objects in mobile augmented reality, *Multimedia Tools and Applications*, 75(23), pp. 16529-16500, 2016
33. Lukosch, S., Billinghamhurst, M., Alem, L., & Kiyokawa, K., Collaboration in augmented reality. *CSCW*, 24(6), pp. 515-525, 2015
34. Park, J.-B., Kim, M., Choi, S.H., Lee, J.Y., Deep learning-based smart task assistance in wearable augmented reality, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 63, Article 101887, 2020
35. Park, K.-B., Choi, S.H., Kim M., Lee, J.Y., Deep Learning-based mobile augmented reality for task assistance using 3D spatial mapping and snapshot-based RGB-D data, *Computers & Industrial Engineering*, 146, Article 106585, 2020
36. Qing Li et. al, "Smart Manufacturing Standardization: Reference Model and Standards Framework," *International Workshop on Enterprise Integration, Interoperability and Networking(EI2N)*, pp. 5-15, 2016
37. R. Liu, B. Yang, E. Zio, and X. Chen, "Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: A review," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 108, pp. 33 - 47, 2018
38. Seo, D.W., Kim, H., Kim, J.S., & Lee, J.Y., 2016, Hybrid reality-based user experience and evaluation of a context-aware smart home, *Computers in Industry*, 76(2), pp. 11-23.
39. Wang, X., Love, P. E., Kim, M. J., & Wang, W., Mutual awareness in collaborative design: an augmented reality integrated telepresence system. *Computers in Industry*, 65(2), pp. 314-324, 2014
40. Wang, X., Ong, S.K., & Nee, A.Y.C. Multi-modal augmented-reality assembly guidance based on bare-hand interface, *Advanced Engineering Informatics*, 30(3), pp. 406-421, 2016

41. Z. Li, Y. Wang, and K.-S. Wang, "Intelligent predictive maintenance for fault diagnosis and prognosis in machine centers: Industry 4.0 scenario," *Advances in Manufacturing*, vol. 5, no. 4, pp. 377 - 387, 2017
42. Zhu, Z., Branzoi, V., Wolverton, M., Murray, G., Vitovitch, N., Yarnall, L., & Kumar, R., AR-mentor: augmented reality based mentoring system, *Proc. ISMAR'14*, pp. 17-22, 2014
43. AWS, <https://aws.amazon.com/ko/manufacturing/smart-factory/>
44. ITU-T, <https://www.itu.int/en/ITU-T/publications/Pages/default.aspx>
45. OPC, https://en.wikipedia.org/wiki/OPC_Unified_Architecture
46. SIMENS, https://www.industry.siemens.co.kr/company/board_view.php?UID=136&Code=press&STitle=&keyword=&page=1

[약어]

5G-ACIA	5G Alliance for Connected Industries and Automation
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol
APS	Advanced Planning & Scheduling System
AR	Augmented Reality
ASME	The American Society of Mechanical Engineeris
CPPS	Cyber-Physical Production System
CPS	Cyber-Physical Systems
DDS	Data Distribution Service
eMBB	enhanced Mobile Broadband
ETRI	Electronics and Telecommunications Research Institute
ETSI	European Telecommunication Standards Institute
GMA	Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
HMD	Head Mounted Display
ICT	Information and Communication Technology
IIC	Industrial Internet Consortium
IIRA	Industrial Internet Reference Architecture
IMSA	Intelligent Manufacturing System Architecture
IEC	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet of Things
IIoT	Industrial Internet of Things
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	ITU Radiocommunication Sector
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
IVI	Industrial Valuechain Initiative
IVRA	Industrial Value Chain Reference Architecture
JTC	Joint Technical Committee
KITECH	Korea Institute of Industrial Technology
KPI	Key Performance Index
M2M	Machine to machine
MBE	Model Based Enterprise
MEC	Multi-access Edge Computing
MES	Manufacturing Execution System

MESA	Manufacturing Enterprise Solutions Association
MIIT	Ministry of Industry and Information Technology
mMTC	massive Machine Type Communications
MOM	Manufacturing Operations Management
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
MR	Mixed Reality
NIST	National Institute of Standards and Technology
NPN	Non-public Network
NSA	Non-Standalone
OASIS	Organization for the Advancement of Structured Information Standards
OAGi	Open Applications Group Inc.
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OMA	Open Mobile Alliance
OT	Operational Technology
PdM	Predictive Maintenance
PLM	Product Lifecycle Management
RIST	Research Institute of Industrial Science & Technology
SA	Standalone
SAC	Standardization Administration of China
SC	Subcommittee
SM	Smart Manufacturing
SyC	System Committee
TC	Technical Committee
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communications
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Volatile Organic Compounds
VR	Virtual Reality
WIP	Work in Process
XR	Extended Reality