

# 메타버스 레벨 분류 체계 및 기술 로드맵

- 소 속 : 한국기술교육대학교 Smart CPS Lab.
- 발 표 자 : 김 원 태 교수
- 발표일자 : 2024. 09. 12.

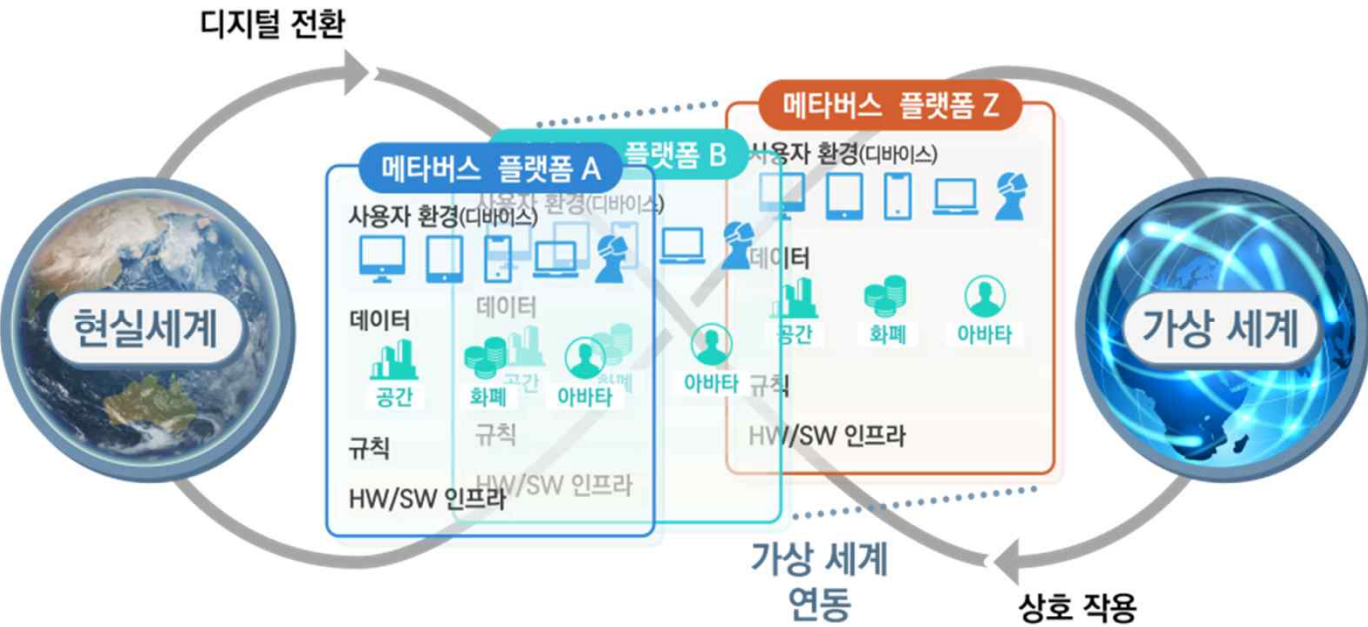


## 발표내용

- ❖ 메타버스의 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

■ 메타버스는 디지털 기반의 가상현실, 증강현실 등의 가상 공간을 활용해 현실세계와 가상 세계 사이의 경계를 허물고 융합하여 **현실의 영역을 확장**하는 서비스  
 ■ 메타버스를 통해 삶의 영역이 확장되고, 현실과 가상의 활발한 상호작용이 이루어져 **새로운 가치 창출** 기회가 탄생할 것으로 기대



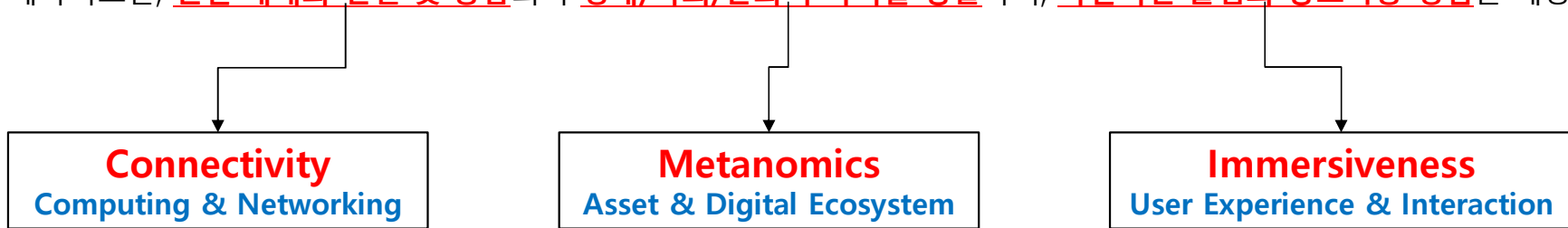
- ❖ **가상/현실 융합 공간** : 가상과 현실의 융합으로 그 **경계가 사라진 공간**
- ❖ **가치 창출** : 경제·사회·문화적 활동을 통해 **새로운 가치의 생산과 소비** 발생
- ❖ **상호작용의 장** : 세계관을 공유하는 다양한 주체 간 **소통 또는 경험 공유**



❖ 주요 기관의 메타버스 정의

- ITU-T: 사용자에게 **몰입감 있는 경험**을 제공하는 가상 세계의 **통합 에코시스템**으로, 메타버스는 경제적, 환경적, 사회적, 문화적 관점에서 **가치를 새로 창출하거나 기존의 가치를 수정**한다<sup>1</sup>.
- IEEE-SA: 메타버스는 디지털 기술을 기반으로 구축된 **다른 세계를 사용자가 인식하게 되는 경험을 제공하는 서비스**이다<sup>2</sup>.
- Khronos Group: 진화된 차세대 3D 인터넷이며, **상호연결된 지속적인 가상 세계들의 네트워크**이다(by Neil Trevett 의장)<sup>3</sup>.
- TTA: **현실세계에서 가능한 활동을 가상 세계에서 할 수 있도록 지원하는 3차원 가상세계 플랫폼**이다(TTA 용어사전).
- 과기정통부: **가상과 현실이 융합된 공간에서 사람과 객체가 상호작용**하며, 창작활동을 포함한 경제, 사회, 문화적 **가치를 창출**하는 세계이다(신산업 선도 전략, 2022).

❖ 결론: 메타버스란, **현실 세계와 연결 및 융합**되어 **경제/사회/문화적 가치를 창출**하며, **사실적인 몰입과 상호작용 경험**을 제공하는 가상 세계



➡ 메타버스의 **본질적 가치**를 기준으로 메타버스 레벨 분류 체계 및 기술 로드맵 수립



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 메타버스 서비스는 **사회 관계망, 엔터테인먼트, 디지털 자산 거래와 제조·생산**으로 구분할 수 있으며, 메타버스 시장의 성장에 따라 서비스 영역이 늘어나고 있음
- 과거에는 게임이나 소셜 서비스 등 커뮤니티 서비스가 메타버스의 중심이었으나, 점차 **제조, 생산, 자산거래 등 실용적인 메타버스 서비스가 늘어나고 있음**

	사회 관계망	엔터테인먼트	디지털 자산거래	제조·생산
국내	<p>ifland @SK텔레콤</p>	<p>제페토 @네이버제트</p>	<p>트윈코리아 @트윈코리아</p>	<p>메타팩토리 @현대자동차</p>
국외	<p>Gather @Gather Presence</p>	<p>Roblox @Roblox</p>	<p>Earth 2 @Shane Isaac</p>	<p>Mesh @Microsoft</p>
	<p>Horizon Worlds @Meta</p>	<p>Fortnite @Epic Games</p>	<p>Decentraland @Decentraland</p>	<p>Digital factory @Siemens</p>

# 메타버스의 대분류에 따른 레벨 분류 체계

단계	시기	Connectivity	Immersiveness	Metanomics
<b>Level 0</b> 가상세계 태동	~ 2000	<ul style="list-style-type: none"> <li>월드 와이드 웹(WWW) 개발로 정보의 연결망 구축, <b>물리적 제약을 극복한 협업과 정보 공유</b>의 시작</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>웹 브라우저와 웹 그래픽스 기반 <b>정보의 시각화</b>로, 가상 공간인 웹의 대중화 달성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>인터넷 기반 디지털 경제 생태계</b> 형성</li> <li>인터넷을 통한 비대면 소통과 정보 공유, 기업과 소비자의 상호작용</li> </ul>
<b>Level 1</b> 가상세계 성장	2000 ~ 2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>페이스북 등 소셜 네트워크 서비스의 등장과 확산으로 <b>가상 공간에서의 네트워킹과 커뮤니케이션</b> 활성화</li> <li>WLAN 대중화와 4G LTE 출시로 사람들에게 쉽게 네트워크에 접속할 수 있는 기회 제공</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>다양한 SNS와 온라인 게임의 확산으로 <b>가상 세계에 기반한 사용자 경험 대중화</b></li> <li>컴퓨팅 디바이스 성능의 향상으로 고해상도 가상 세계 구축 및 시각화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>사용자가 주도적으로 콘텐츠를 생산하고 수익을 얻는 <b>UGC¹ 생태계 형성</b> 및 성장</li> <li>초고속 인터넷과 이동통신의 확산으로 ICT 시장의 빠른 성장 달성</li> </ul>
<b>Level 2</b> 가상세계 성숙	2010 ~ 2020	<ul style="list-style-type: none"> <li>모바일 기반 SNS 서비스(Instagram, TikTok 등) 확산: 모바일 네트워크의 확산과 함께 <b>가상 세계와 연결 일상화</b></li> <li>IoT 기술의 확산으로 사람뿐 아니라 <b>다양한 사물의 연결과 상호작용</b>이 가능해짐</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>오кул러스 리프트 등 과거 대비 저비용 고성능 VR/AR 디바이스 출시로 <b>VR/AR 시장 성장</b></li> <li>AR toolkit, OpenVR, OpenXR, Godot Engine, VRM 등 XR 오픈소스의 확산으로 <b>메타버스 콘텐츠 제작 활성화</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFT 기술의 등장으로 <b>디지털 자산에 대한 고유성 보장</b>으로 메타버스 내에서 <b>디지털 자산에 대한 소유권 확립</b></li> <li>IoT와 모바일 기술의 성장으로 소비자와 기업 간 상호작용의 다변화</li> </ul>
<b>Level 3</b> 메타버스 개념확립	2020 ~ 2030	<ul style="list-style-type: none"> <li>실·가상 객체 간 연결 및 동기화하는 <b>디지털 트윈</b> 기술이 다양한 분야로 본격적 확산</li> <li>'21년 MS의 Mesh, NVIDIA의 Omniverse 등 <b>비대면 협업 서비스</b>의 등장 및 확산과 메타 사명 변경</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>고차원 시각화기술 상용화(PBR, RTX, 플렌옵틱)과 고성능 XR디바이스 개발로 <b>가상경험 현실감 향상</b></li> <li>생성형 인공지능(Sora, GPT, Dall-E 등) 기반 <b>가상 경험의 몰입감 향상</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>개방형 그래픽스 포맷(USD/glTF)의 일반화로 인한 <b>디지털 자산의 상호운용성 확보 및 NFT 산업 성장</b></li> <li>메타버스 작업공간을 활용해 실제 산업 현장을 최적화하는 <b>디지털 트윈 기반 산업용 메타버스</b> 등장</li> </ul>
<b>Level 4</b> 메타버스 대중화	2030 ~ 2040	<ul style="list-style-type: none"> <li>메타버스와 IoT의 융합으로 <b>다양한 물리적 객체 간 연결 및 상호작용을 지원하는 IoM²</b> 등장 및 확산</li> <li>다중 객체 간 상호연결 및 동기화, 최적화 실현으로 산업 현장의 로봇, AGV, 지그 등 <b>다중 공정 요소와 사람 간 협업</b>을 지원하는 산업형 메타버스 확산</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>XR 디바이스의 부담 해소와 AI 증강 실감형 상호작용의 향상으로 <b>실·가상 융합현실</b>의 완성</li> <li>시티버스, 메타버스 팩토리, 가상 공연장 등 <b>서비스 산업 전문야로 메타버스 확산</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>디지털 트윈과 NFT의 융합에 기반한 <b>메타버스 자산거래 에코시스템 플랫폼 구축</b></li> <li>생산 라인의 상황이나 고객의 맞춤형 주문에 따라 <b>자율적으로 공정을 재구성하는 SOMS³</b> 개념 실현</li> </ul>
<b>Level 5</b> 메타버스 일상화	2040 이후	<ul style="list-style-type: none"> <li>인간과 주변 환경을 구성하는 모든 물리적 객체의 가상 세계 연결과 다양한 형태의 상호작용을 지원하는 <b>X2X 협업의 일상화</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>상호작용형 홀로그래픽스</b>의 개발 및 보급을 통해 사용자와 메타버스 간 제약 없는 상호작용 지원</li> <li>AI 증강의 웨어러블·햅틱 디바이스 보급으로 인간 <b>전감각의 실·가상 크로스오버</b> 실현</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 실·가상 자산의 디지털 전환 및 소유권 확립으로 <b>메타버스 경제 거버넌스 구축</b></li> <li>메타버스와 산업형 LLM 기반 소비자 참여형 제품 설계/제작으로 <b>Mass Personalization 개념 실현</b></li> </ul>

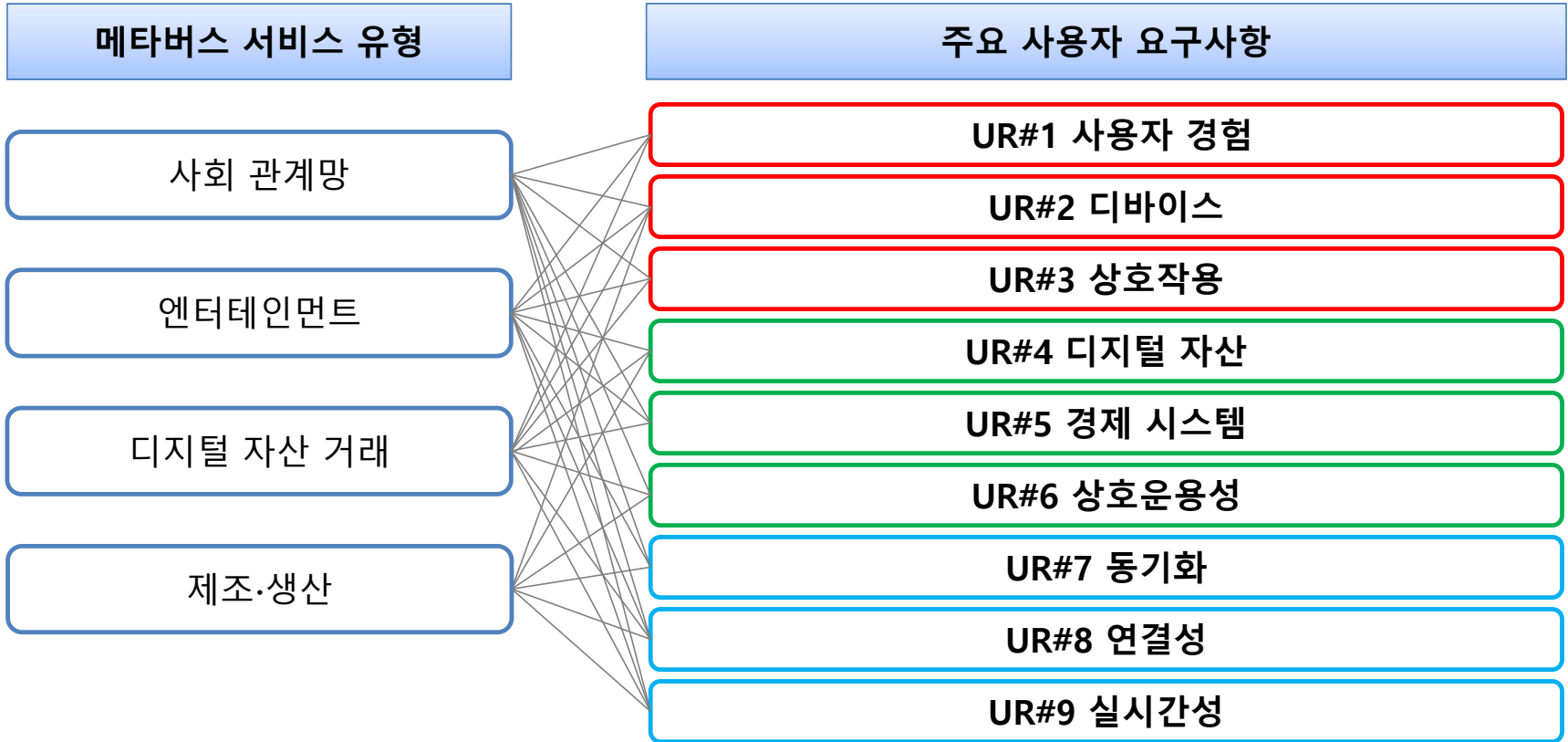
UGC¹: User Generated Content  
SOMS³: Self-Organizing Manufacturing System

IoM²: Internet of Metaverse



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 메타버스 서비스 유형으로부터 메타버스의 주요 사용자 요구사항 도출
- 도출한 요구사항은 **Immersiveness**, **Metanomics**, **Connectivity** 를 기준으로 분류



# 메타버스 레벨 분류체계에 따른 기술발전 로드맵

발전단계 분류체계	발전단계				
	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
사용자 경험	브라우저 기반 이미지, 텍스트 전송	3D 가상 현실 경험	PBR·RT·플렌옵틱 등 고차원 시각화 기술	생성형 AI 기반 현실적 디지털 감각 재현	전감각의 크로스오버
디바이스	평면 디스플레이	VR/AR 디바이스 지원	XR 디바이스 화질 개선 및 경량화	AI-증강형 감각적 XR 디바이스	메타 리얼리티 지원 XR 디바이스
상호작용	텍스트 기반 실시간 커뮤니케이션	화상 통화/스트리밍	실시간 페이셜 트래킹 기반 아바타 인터랙션	생성형 AI 기반 가상 객체 자율적 인터랙션	크로스 리얼리티 인터랙션
디지털 자산	전문가용 자산 제작 SW 지원	개인 창작자용 제작 SW/Toolkit 지원	생성형 AI 기반 디지털 자산 생성	사용자 요구 디지털 자산 자동 생산 체계	생체 피드백 기반 실시간 디지털 자산 생성
경제 시스템	PDC 주도 경제 생태계	CDC 주도 생태계 조성	NFT·BC 기반 디지털 경제 시스템	DT·NFT 기반 실가상 통합 경제 시스템	실가상 통합 메타버스 경제 시스템 거버넌스
상호운용성	웹 프로토콜 기반 이미지·텍스트 공유	XML·JSON 등 표준화된 데이터 포맷 지원	실시간 3D 모델 특화 포맷 (glTF·USD) 지원	실가상 객체 연동 표준 플랫폼	글로벌 메타버스 통합 상호운용성
동기화	웹 기반 데이터 동기화	IoT 기반 물리적 객체 실시간 동기화	디지털 트윈 기반 실가상 고정밀 동기화	다중 메타버스 객체 간 실시간 동기화	초정밀 초고속 실가상 양방향 동기화
연결성	단순 서버·클라이언트 연결 제어	웹 2.0 기반 중앙집중형 디지털 객체 관리	웹3.0 기반 대규모 탈중앙화 디지털 객체 관리	실가상 메타버스 객체 통합 관리 시스템	다차원 메타버스 객체 연결성 관리 시스템
실시간성	인터넷 접속 지원	무선·모바일 네트워크 접속 지원	TSN·5G URLLC 등 초고속 저지연 통신	AI 기반 실시간 유무선 네트워크 최적화	양자 통신 기반 대용량 실시간 통신

PBR: Physically-based rendering    PDC: Platform-driven content    glTF: Graphics library(language) transmission format    TSN: Time-sensitive networking  
 RT: Ray-tracing    CDC: Creator-driven content    USD: Universal scene description    URLLC: Ultra reliable and low latency communication



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 산업형 메타버스란, **디지털 트윈**을 기반으로 실세계의 작업 공간, 자산, 프로세스 등을 **가상 공간으로 확장**하여 **실·가상 객체의 상호작용**을 통해 **산업 현장의 효율성을 개선 및 새로운 가치를 창출**하는 메타버스

- **Siemens:** The Industrial Metaverse is a world, which is **always on**. Where real machines and factories, buildings and cities, grids and transportation systems are **mirrored in the virtual world**.<sup>4</sup>

- **Unity Technologies:** The idea of the industrial metaverse is to create **a cleaner connection between the real world and the virtual world**, because the virtual world is so much easier and cheaper to work with.<sup>5</sup>

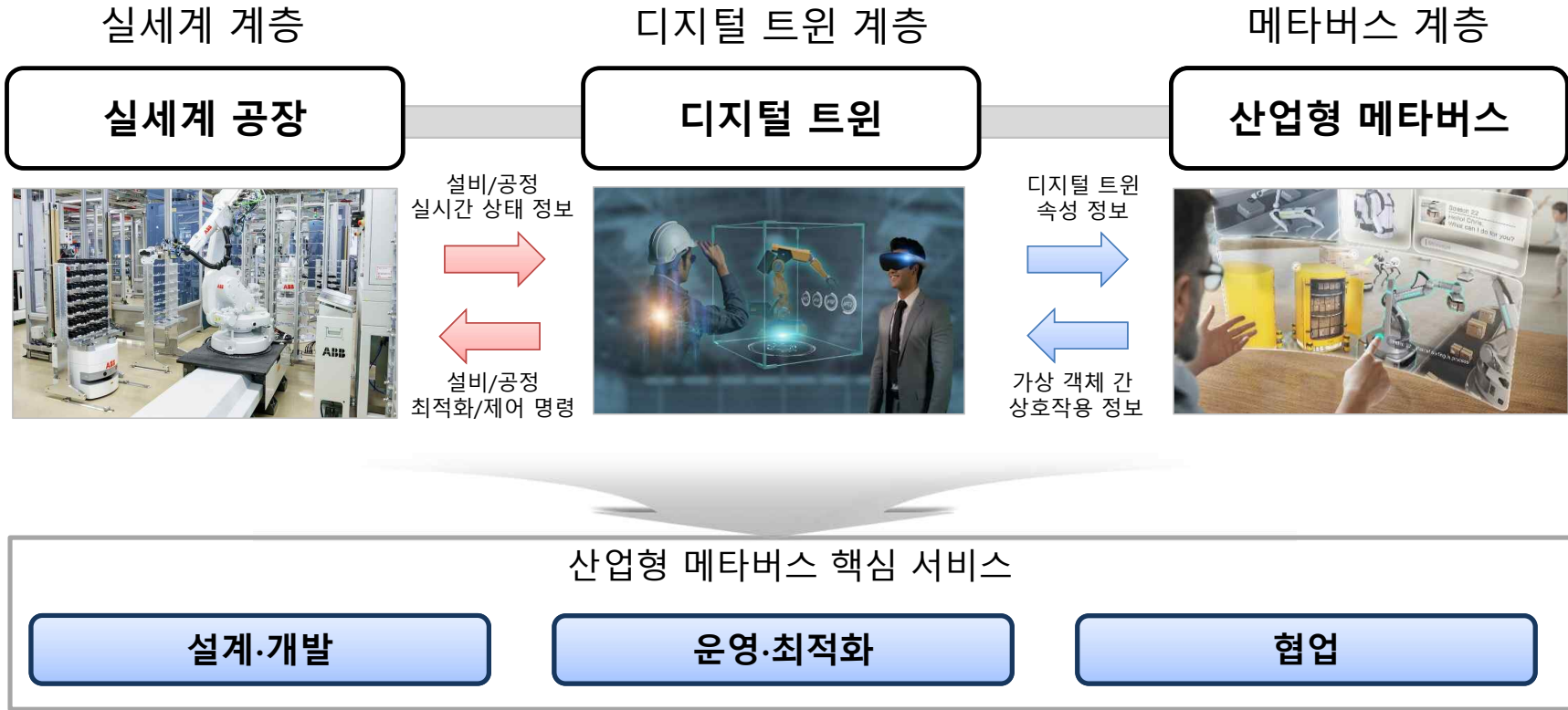
- **NOKIA:** The industrial metaverse is **a physical-digital fusion and human augmentation** for industrial applications; this includes digital representations of physical industrial environments, systems, processes, assets, and spaces that participants can control, monitor, and interact with.<sup>6</sup>

- **CAICT:** The Industrial Metaverse is the expansion of the Metaverse in the industrial field. This is a **new operator for the integration and development** of a new industrial digital area, a new industrial intelligent Internet system, a digital economy.<sup>7</sup>



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

■ 산업형 메타버스는 **산업 특화 디지털 트윈(예, 휴먼, 공간, 설비, 절차 등)**을 통해 양 방향으로 연결되어 **설계·개발/운영·최적화/협업 서비스의 3대 핵심 서비스**를 제공



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 산업형 메타버스는 **설계·개발 / 운영·관리 / 협업** 기능을 중심으로 **실-가상의 경계와 인간-설비 간 장벽이 사라진** 새로운 형태의 제조·생산 서비스를 제공할 것으로 전망

## 산업형 메타버스 대표 서비스 시나리오



<가상 설계/개발/검증>



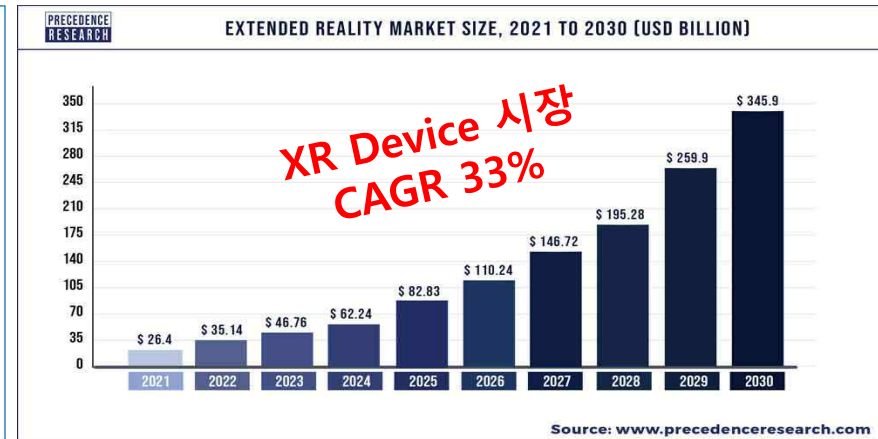
<초거대 AI 공장 운영·최적화>



<X2X 협업>



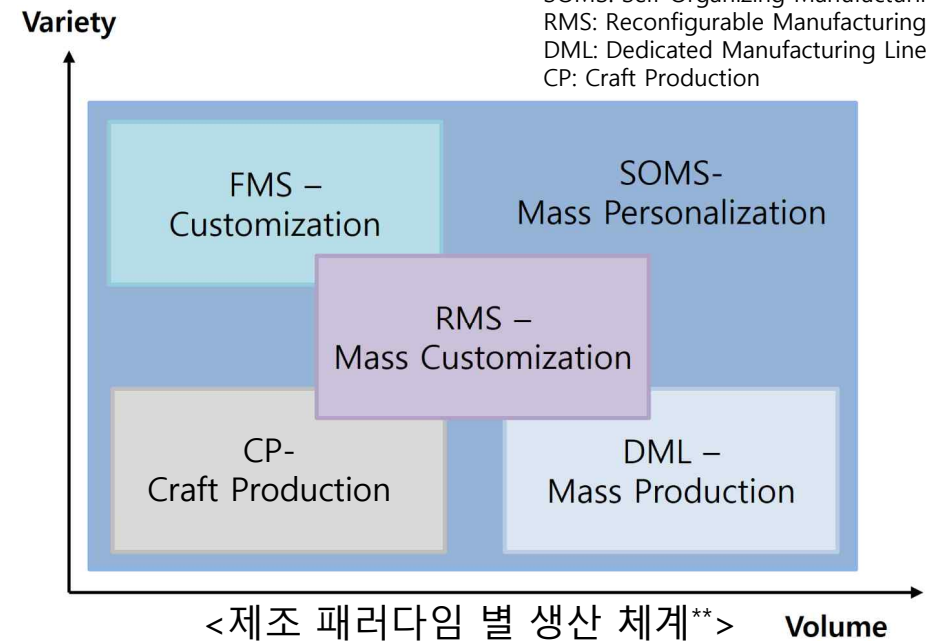
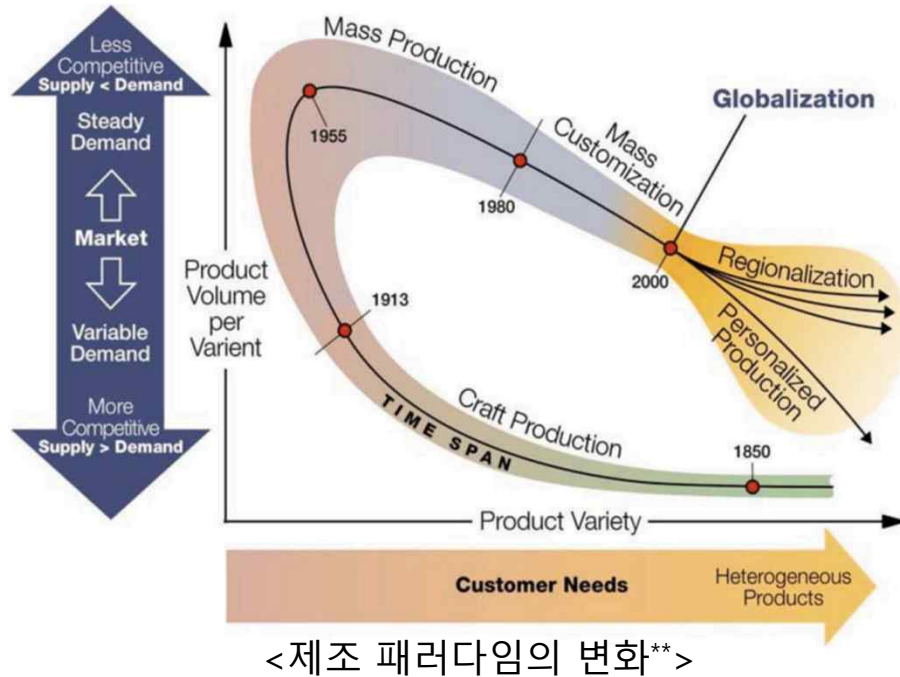
- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례



※ 그림 출처 : 가트너 2023, 2024 트렌드, Polaris Market Research 산업형 메타버스 시장 분석, Precedence Research XR 시장 분석

- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 미래 제조 패러다임은 소비자가 다양한 미디어(예: 메타버스)를 통해 제조 과정에 참여할 수 있게 되어 **대량 개인화 생산 체계로 변화될 것으로 전망\***
- 미래 제조 공장은 개인화된 제조 요구사항에 대응하여 설비에서 공정에서 이르는 **공장 운용을 자율적으로 수행하는 제조 체계(SOMS)의 도입 필요\*\***



FMS: Flexible Manufacturing System  
 SOMS: Self-Organizing Manufacturing System  
 RMS: Reconfigurable Manufacturing System  
 DML: Dedicated Manufacturing Line  
 CP: Craft Production

\*Yao, Xifan, et al. "Enhancing wisdom manufacturing as industrial metaverse for industry and society 5.0." Journal of Intelligent Manufacturing (2022): 1-21.

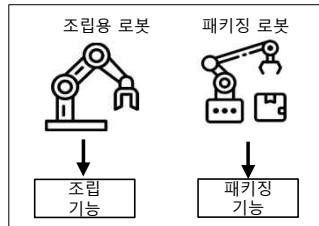
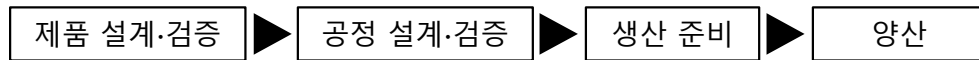
\*\*Qin, Zhaojun, and Yuqian Lu. "Self-organizing manufacturing network: A paradigm towards smart manufacturing in mass personalization." Journal of Manufacturing Systems 60 (2021): 35-47.

- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

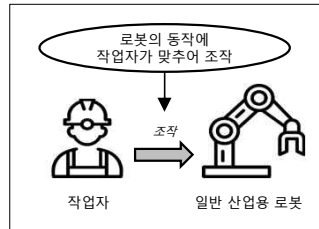
■ 자기조직화 제조 시스템(SOMS\*)은 변화하는 환경에 따라 **제조 시스템의 구성 요소가 서로 상호작용하며 스스로 조직을 재구성하는 미래형 자율 제조 시스템**

\*SOMS(Self-Organizing Manufacturing System, 자가 구성형 제조 시스템)

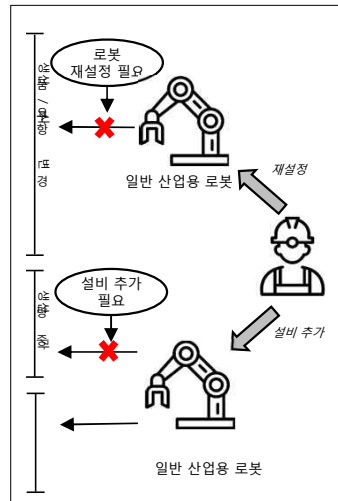
## <기존 제조 시스템>



설비 조작 중심 협업

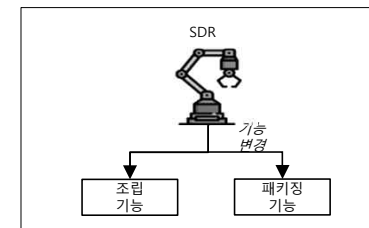
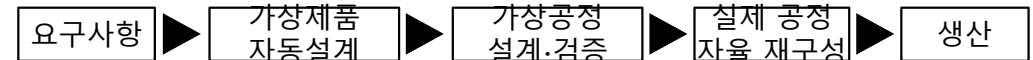


설비 조작 중심 협업

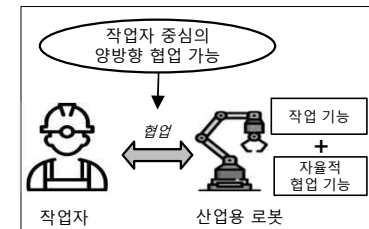


생산 계획/생산 대상 변경 시 현장 작업자의 개입 요구

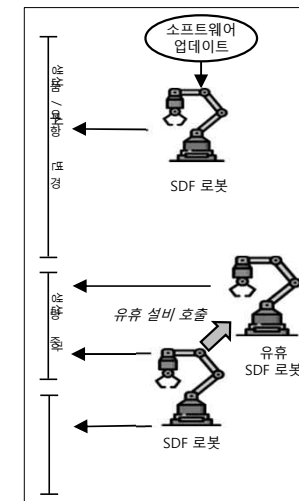
## <미래형 SOMS: 개인 맞춤형 대량생산>



소프트웨어를 통한 동적 기능 조정



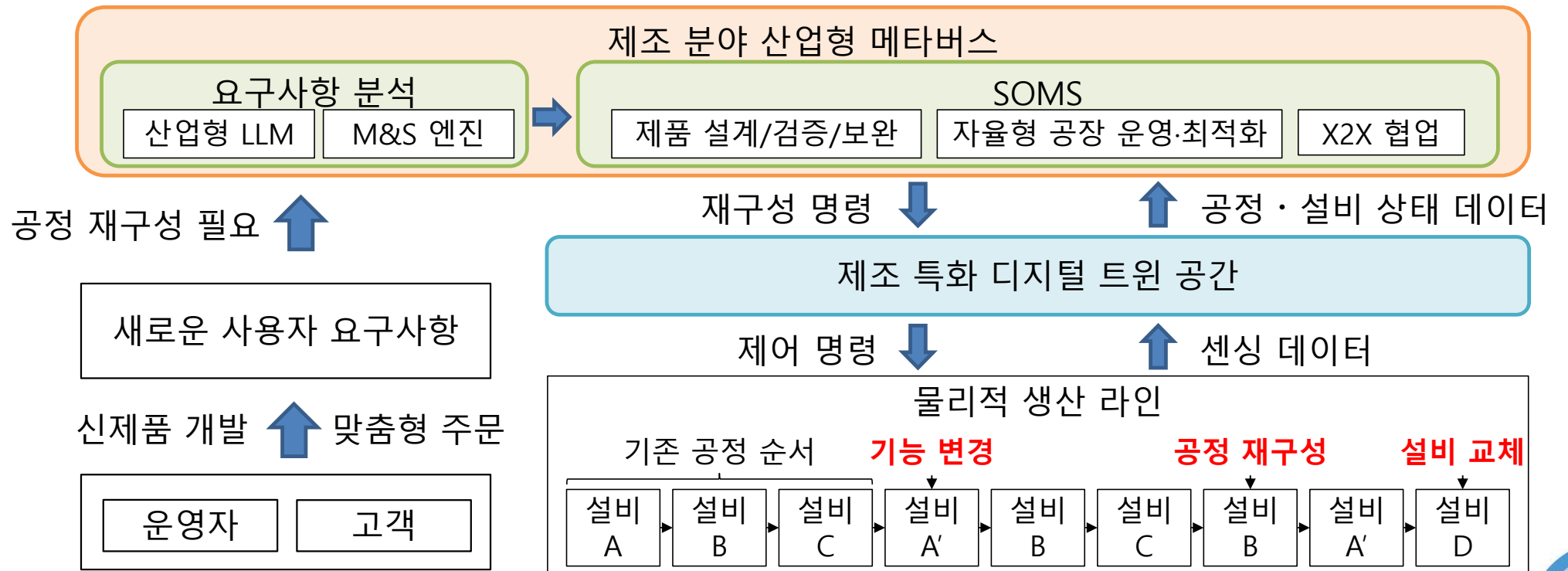
작업자 맞춤형 양방향 협업



생산 계획/생산 대상 변경 시 자율적 공정 재구성 가능

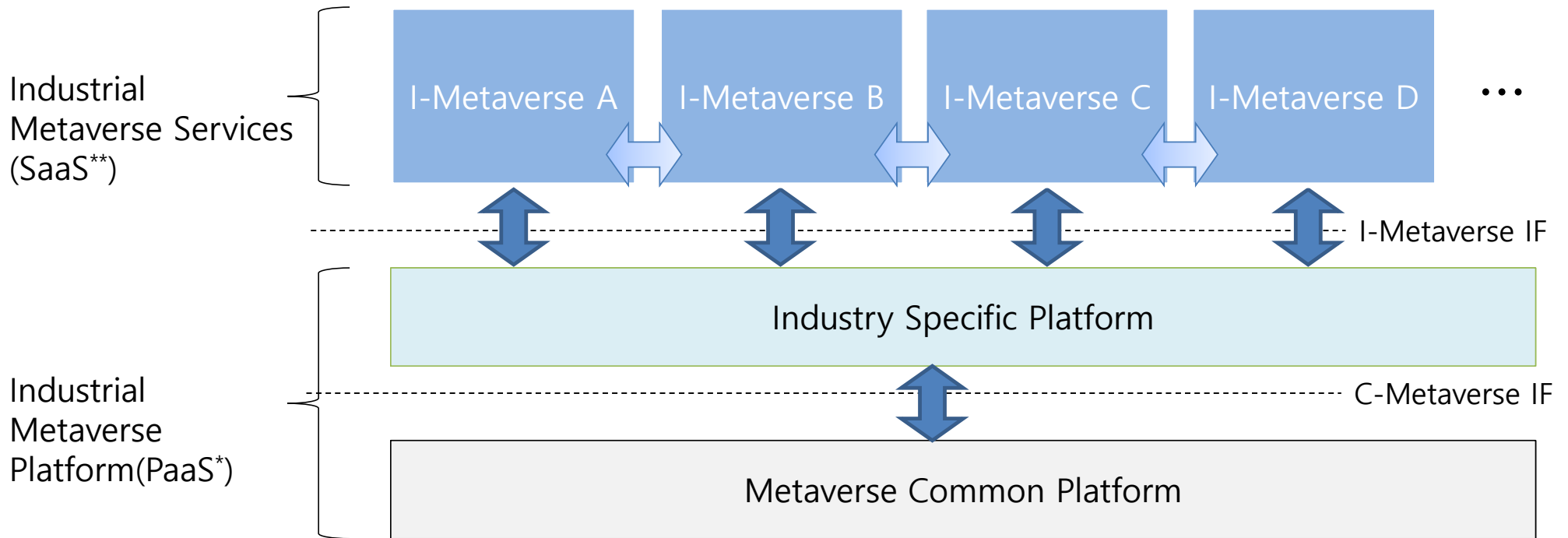
- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 특정 제품의 대량 생산에 최적화된 종래의 제조 시스템과 다르게 SOMS는 고객의 맞춤형 주문이나 생산 조건 변경에 따라 **자율적으로 공정을 재구성**
- 산업형 메타버스는 새로운 사용자 요구사항을 충족시키는 **공정 재구성안을 자율적으로 생성/검증/보완**하고, 도출한 **최적 재구성안을 실세계 공장에 적용**



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 산업형 메타버스 플랫폼은 **산업 특화 기능과 메타버스 공통/기반 기능의 결합형 모델**
- **PaaS 기반 생태계 구축**으로 I-Metaverse 응용의 용이한 설계·개발·배포·유지보수성 제공



\*PaaS: Platform as a Service

\*\*SaaS: Software as a Service





I-Metaverse Roadmap		Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
		Human-controlled	Automated	Connected	Autonomous	Software-defined
Metaverse Roadmap		2000~2010	2010~2020	2020~2030	2030~2040	2040~
메타버스 특화 기능	설계·개발	작업 도구의 표준 포맷 지원	클라우드 기반 작업 기록 자동 관리	원격 협동 작업 실시간 동기화	생성형 AI 기반 고객 맞춤 설계 모듈	대화형 UI 기반 제품 설계 엔진
		시제품 제작 및 평가 데이터 수기 작성	시제품 평가 및 검증 프로세스 자동화	이종 저작 도구 간 상호운용성 지원	AI 기반 공정·제품 설계안 자율 진화	UX 맞춤형 작업 환경 자동 구축
	운영·최적화	N/A	PLC 기반 자동 공정 제어	IIoT 기반 공정 통합 관리	고정밀 시뮬레이션 기반 예지 보전	실시간 AI 컴퓨팅 기반 의사 결정 시스템
			센서 기반 데이터 수집 자동화	과학/공학 시뮬레이션 결과 실시간 가시화	SOMS 기반 맞춤형 자율 공정 최적화	자율지능 주도 전사적 자원 관리
			현장 데이터 기반 설비 최적화	디지털 트윈 기반 공정 최적화	메타버스 기반 SDMS 최적 관리	SDF 서비스 실시간 배포 및 최적화
	협업 서비스	N/A	원격 사용자 간 가상 공간 정보 동기화	다중 사용자에게 대한 공장 정보 동기화	실가상 공장 실시간 양방향 고정밀 동기화	사용자 맞춤형 협업 지능 엔진
			협업 로봇 기반 노동 집약 작업 자동화	산업형 디지털 트윈 기반 H2X 협업 체계	인간 중심 통합형 X2X 원격 협업 체계	유기적인 실가상 X2X 협업 엔진



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례



# 산업형 메타버스 유즈케이스 - 산업용 메타버스 기반 제조 공정 최적화

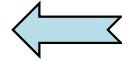
- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 현대자동차 **제조 공정 가상 설계/자율 최적화를 위한 산업형 메타버스 플랫폼 개발**
- 1)공정 자산 디지털 트윈화, 2)Virtual World 시뮬레이션, 3)가상 제조 공정 V&V, 4)인공지능 기반 제조 공정 최적화, 5)Virtual World-Real World 연동, 6)XR 기반 Virtual World 시각화



Real World

5. Optimization



2. Virtualization



Industrial Networking (PLC, OPC-UA)



1. Digitalization

로봇 팔      지그      AGV

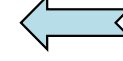
표준화 대상 #1

## Industrial Metaverse Platform



Virtual World

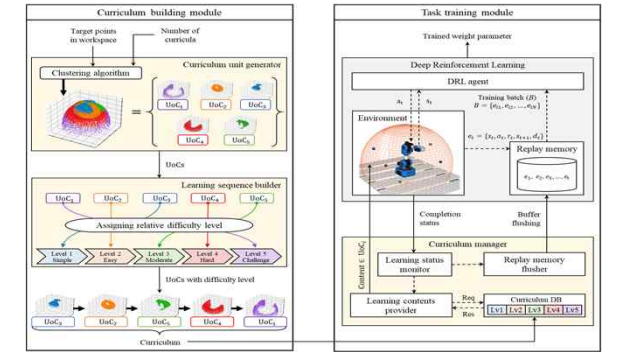
3. Virtual Commissioning



4. Verification



## AI-Driven Process Optimization App.



표준화 대상 #2

Data-Centric Middleware-based Networking (DDS, ROS)

## Digital Twin Repository



로봇 팔 DT      지그 DT      AGV DT

## Simulation Engine



## AI Engine



- ❖ 메타버스 정의
- ❖ 메타버스 레벨 분류
- ❖ 산업형 메타버스
- ❖ 현대차 산업형 메타버스 사례

- 현대자동차 **제조 공정 가상 설계/자율 최적화를 위한 산업형 메타버스 플랫폼 개발**
- 1)공정 자산 디지털 트윈화, 2)Virtual World 시뮬레이션, 3)가상 제조 공정 V&V, 4)인공지능 기반 제조 공정 최적화, 5)Virtual World-Real World 연동, 6)XR 기반 Virtual World 시각화

## 공정 최적화를 통한 경제적 가치 창출

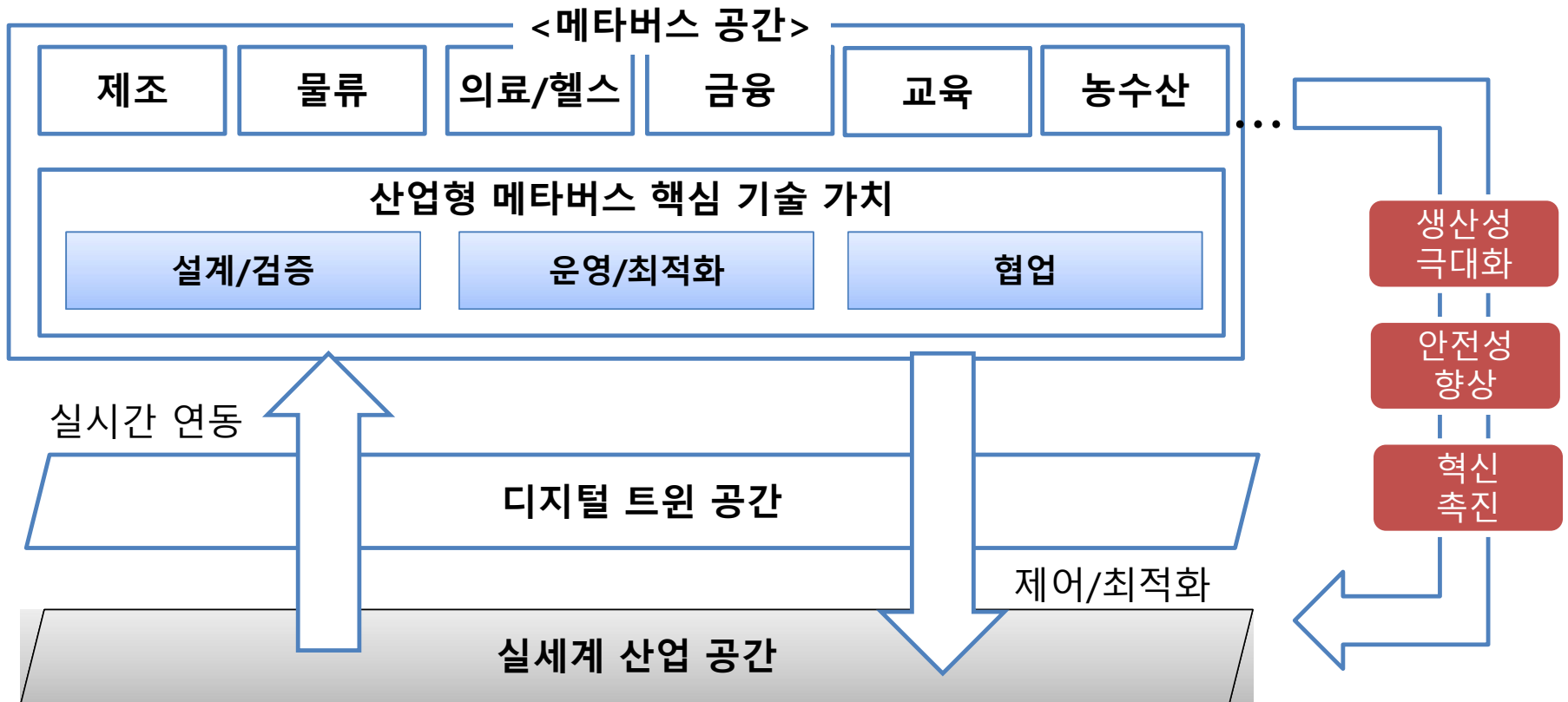
Industrial Metaverse Platform



Real World



- 산업형 메타버스는 **설계·개발 / 운영·최적화 / 협업** 서비스를 중심으로 **실-가상의 경계와 인간-설비 간 장벽이 사라진** 새로운 형태의 자율형 제조·생산 체계를 제공할 것으로 전망



**THANK YOU**

