

메타버스의 진화 : 공간컴퓨팅과 AI 융합

Evolution of Metaverse :
Convergence with
Spatial Computing and AI

Executive Summary



공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합은 현재 메타버스 한계를 극복하고 새로운 발전 기회를 제공할 것으로 보인다. 또한, 메타버스가 가상과 물리세계의 융합을 의미함에도 불구하고, 로블록스, 제페토 등 일부 가상세계에 국한된 인식을 넘어서게 될 것으로 기대된다. 궁극적으로는 공간기반의 생활 방식 변화와 함께 “디지털 공간경제”가 디지털 경제의 주요축으로 부상할 것으로 전망된다.

공간컴퓨팅과 AI가 메타버스에 융합되면서 나타나는 메타버스의 진화 방향은 크게 3가지로 예상된다. 첫 번째는 “공간의 진화”이다. 물리적 공간은 가상 공간과 접목돼 새로운 부가가치 창출이 이루어질 것으로 전망된다. 물리적 공간이 가상의 공간이나 객체를 위한 배경(Canvas) 역할을 하면서 공간 기반의 새로운 경제, 문화적 가치의 창출이 기대된다. 빈 공터에 거대한 가상 조형물을 세워 하늘이나 숲 등 현실 배경과 조화된 전시 무대가 되는 “신공간화”, 모든 공간이 개인이 원하는 디지털 공간으로 탈바꿈할 수 있는 “초개인화”로의 공간 진화가 예상된다.

두 번째는 “기기의 진화”이다. 기존 AR이나 VR로 용도가 구분됐던 기기들은 AR과 VR을 자연스럽게 넘나드는 공간컴퓨팅에 특화된 기기로 발전될 것으로 보인다. 웨어러블, 고정형 등 다양한 형태로 출시되면서 다양한 기기, 플랫폼, 부품 제조업체 간 협력과 경쟁이 이루어지는 “복합 경쟁화”가 예상된다. AI 기능이 탑재된 온디바이스 AI가 확산되면서 이미지, 영상, 음성, 제스처 등 다양한 형태의 입출력이 가능해지고 인간처럼 자연스러운 소통이 이루어지는 모달리티의 변화, 즉 “멀티모달화”로의 기기 진화가 예상된다.

세 번째는 “경제의 진화”이다. 디지털 공간을 통한 새로운 서비스들이 등장하면서 다양한 경제, 문화적 가치

창출이 예상된다. 가상세계와 아바타 중심으로 시도됐던 메타버스 서비스들이 현실 공간으로 영역을 넓히는 서비스로 확장되거나, 디지털 공간 기반의 새로운 서비스 개념과 수익모델들이 등장할 것으로 보인다. 이는 우리가 서로 협력하고 정보를 사용하는 방식의 변화뿐만 아니라, 일하고, 생활하고, 배우며 노는 전반적인 삶의 행동 양식에 큰 변화를 불러올 수 있다. 이에 따라, 공간 경험이 재창조되는 “디지털 공간경제”가 부상할 것으로 기대된다.

이러한 진화 방향은 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합이 가져올 변화의 범위와 깊이를 보여주며, 이를 통해 메타버스가 단순한 기술적 진보를 넘어 사회적, 경제적 변화를 이끌 수 있는 잠재력을 가지고 있음을 강조한다. 이러한 잠재력을 실현하기 위해 본 보고서에서는 다음의 3가지 정책적 지원 방향을 제언한다.

첫 번째는 “공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합 강화” 지원이다. 정부는 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합을 지원하기 위한 공동 연구 프로그램 설립 지원, 기술혁신을 위한 기업 간 협력과 파트너십 구축을 장려하기 위한 인센티브 및 보조금 제공을 확대해 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합의 선도적 활용 사례를 지속적으로 창출할 필요가 있다. 나아가 국제 협력을 통해 최신 연구 동향 및 기술 개발을 공유하고 관련 국제 표준 활동을 지속적으로 지원해야 한다.

두 번째는 “기기 생태계 조성” 지원이다. 현재 공간컴퓨팅 기기 생태계 시장은 글로벌 빅테크 기업들이 주도하고 있는 것으로 보이나, 공급 물량, 킬러 애플리케이션, 디스플레이/배터리/센서 등 중요 기술의 성숙도 측면에서 아직 초기 시장으로 평가받고 있다. 복합적인 경쟁 구도가 이루어질 것으로 예측되는 상황에서 기기 완제품뿐만 아니라 소재, 부품, 장비 등에 대한 전반적인 국제 경쟁력 분석에 기반해, 공간컴퓨팅 디스플레이/반도체 등 기기 생태계 시장에서의 한국 기업의 기회 모색과 지원 방안 마련이 필요하다. 또한, 국내 교육 기관, 병원, 제조업 등 민간/공공 수요부문과 국내 디바이스 공급 기업 간 협력을 통해 산업 특화 기기를 제조·확산하는 방안을 지원할 필요가 있다.

세 번째는 “디지털 공간경제” 육성 지원이다. 공간컴퓨팅, AI 등 메타버스 구현 기술의 급속한 발전, 가상공간과 현실공간의 경계가 사라지며 디지털 공간 기회는 지속 확대될 것으로 전망된다. 이에 디지털 공간에 특화된 창조적 비즈니스 모델 창출, 기업과 개인에게 무한한 기회를 열어주는 거시적 관심의 경제 전략으로써 “디지털 공간경제 전략” 등 중장기 전략 수립 검토가 필요하다. 이 전략은 디지털 공간이라는 관점에서 관련 기술혁신을 포괄하고, 차세대 웹으로서의 디지털 공간에서의 글로벌 경쟁력 강화 및 주도권 확보 방안도 포함할 필요가 있다. 공간컴퓨팅과 AI 융합을 지원하기 위한 R&D, 공간컴퓨팅과 AI 기술을 활용한 메타버스 크리에이터 교육/육성 지원, 안전한 공간컴퓨팅 기술 사용 등 관련 제도 정비/규제 방안도 수반돼야 한다.

The metaverse convergence of spatial computing and AI is expected to overcome the current metaverse limitations and provide new development opportunities. In addition, despite the fact that the metaverse means the convergence of virtual and physical worlds, it is expected to go beyond the perception limited to some virtual worlds such as Roblox and Zepeto. Ultimately, it is expected that the “digital space economy” will emerge as a major axis of the digital economy along with space-based lifestyle changes.

The evolution of the metaverse, which appears as spatial computing and AI converge with the metaverse, is expected to be three main directions of evolution. The first is “evolution of space.” Physical space is expected to be combined with virtual space to create new added value. As physical space serves as a background for virtual spaces or objects, it is expected to create new economic and cultural values based on space. Spatial evolution is expected to be achieved through “new-spatialization,” which becomes an exhibition stage harmonized with real backgrounds such as the sky and forests by building huge virtual sculptures in empty spaces, and “hyper-personalization,” which allows all spaces to be transformed into digital spaces desired by individuals.

The second is “Evolution of Devices”. Devices that were previously used for AR or VR are expected to develop into devices specialized in spatial computing that naturally cross AR and VR. As it is released in various forms such as wearables and stationary types, it is expected that “complex competition” will take place in which cooperation and competition among various device, platform, and component manufacturers will take place. As AI-equipped AI-on-device functions spread, various inputs and outputs such as images, videos, voice, and gestures are possible, and device evolution to “multi-modalization” is expected.

The third is “Evolution of the Economy”. With the emergence of new services through digital space, various economic and cultural values are expected to be created. Metaverse services that were attempted centering on the virtual world and avatar are expected to expand to services that expand real space, or new service concepts and business models based on digital space are expected to emerge. This can change the way we cooperate with each other and use information, and bring about a big change in the overall way of life to work, live, learn, and play. Accordingly, it is expected that a “digital space economy” in which spatial experiences are recreated will emerge.

This direction of evolution shows the scope and depth of change that the metaverse convergence of spatial computing and AI will bring, emphasizing that the metaverse has the potential to lead social and economic changes beyond technological progress. In order to realize this potential, this report proposes the following three policy support directions.

The first is support for “strengthening the metaverse convergence of spatial computing and AI.”

The government needs to expand the support for the establishment of joint research programs to support the metaverse convergence of spatial computing and AI, and the provision of incentives and subsidies to encourage the establishment of cooperation and partnerships between companies for technological innovation. Through this, it is necessary to continuously create leading use cases of the metaverse convergence of spatial computing and AI. Through international cooperation, the latest research trends and technology development should be shared, and international standard activities related to spatial computing should be continuously supported.

The second is support for “creating a device ecosystem.” Global big tech companies seem to be leading the current spatial computing device ecosystem market, but it is still being evaluated as an early market in terms of the maturity of important technologies such as supply volume, killer applications, and displays/battery/sensors. It is necessary to seek opportunities for Korean companies in the device ecosystem market such as spatial computing displays/semiconductors based on the analysis of overall international competitiveness in materials, parts, and equipment as well as finished devices in a situation where complex competition is expected. It is also necessary to support measures to manufacture and spread industrial-specific devices through cooperation between private/public demand sectors such as domestic educational institutions, hospitals, and manufacturing industries and domestic device suppliers.

The third is support for fostering the “digital space economy.” With the rapid development of metaverse implementation technologies such as spatial computing and AI, and the boundary between virtual space and real space disappearing, digital space opportunities are expected to continue to expand. Accordingly, it is necessary to review the establishment of mid-long term strategies such as the creation of creative business models specialized in digital space and the “digital space economy strategy” as an economic strategy of macroscopic interest that opens infinite opportunities to companies and individuals. This strategy needs to encompass related technological innovations from the perspective of the digital space, and also include measures to strengthen global competitiveness and secure leadership in the digital space as the next-generation web. R&D to support the convergence of spatial computing and AI, support for education/nurturing of metaverse creators using spatial computing and AI technology, and safe use of spatial computing technology should also be accompanied by related regulation measures.

I. 서론

■ 공간컴퓨팅과 AI가 메타버스와 융합하면서, 주로 로블록스 등 가상세계에 국한된 메타버스에 대한 기존 인식을 넘어 디지털 경제의 새로운 축으로 “디지털 공간”을 기반으로 한 경제, “디지털 공간경제”의 부상 전망

- 메타버스는 공간컴퓨팅과 AI를 포함해 사용자가 디지털 환경과 상호작용하는 방식을 강조하지만¹, 그간 메타버스는 로블록스, 제페토 등 가상세계 유형을 중심으로 논의되면서 메타버스의 의미와 잠재력에 대한 인식 한계
- 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합은 메타버스가 단순히 가상세계를 넘어서, 우리의 실제 생활 공간과 밀접하게 연결돼 있음을 인식하는 데 중요한 역할 가능
- AR/MR이라는 기술유형 논의를 넘어, 물리적 공간에서도 디지털콘텐츠와 상호작용하는 새로운 방식과 일상과 업무, 학습 방식을 혁신하는 새로운 경제적 공간, “디지털 공간”을 창출한다는 패러다임 측면에서 공간컴퓨팅과 AI 융합 주목 필요

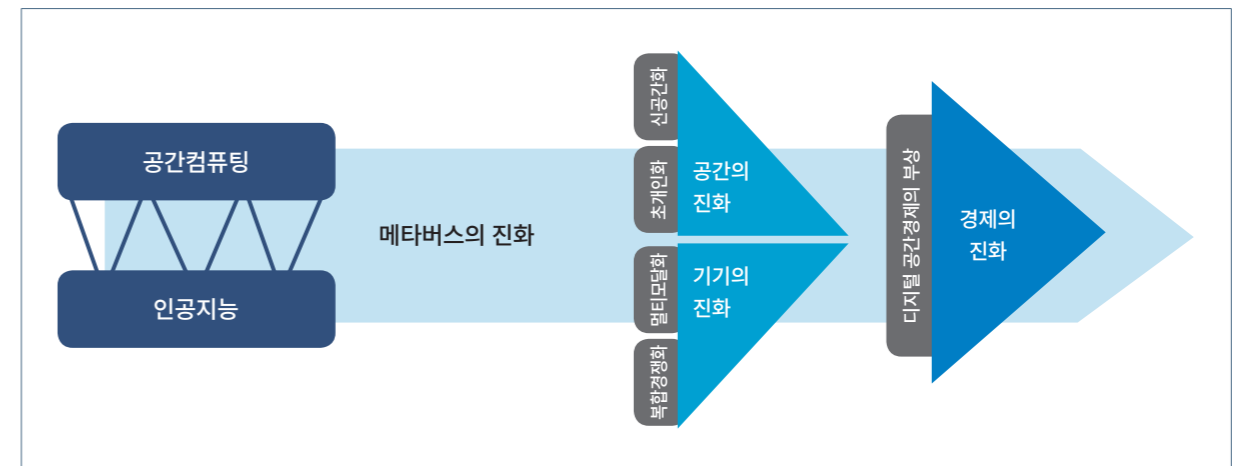
■ 본 보고서는 공간컴퓨팅과 AI의 융합이 메타버스의 발전과 진화에 미치는 영향을 분석하며, 이러한 변화가 개인과 기업에 제시하는 기회와 도전을 탐색

- 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합을 통해 예상되는 효과와 메타버스의 진화 방향을 ‘공간’, ‘기기’, ‘경제’의 관점에서 분석
 - (공간의 진화) 공간의 신공간화, 공간의 초개인화
 - (기기의 진화) 멀티모달 인터페이스의 발전, 다양한 기업 간 복합경쟁화
 - (경제의 진화) 공간 중심 디지털 경제, “디지털 공간경제”의 부상

¹ △ 메타버스 신산업 선도전략(2022.1.20.)의 메타버스 정의 : “메타버스(Metaverse)는 가상과 현실이 융합된 공간에서 사람·사물이 상호작용하며 경제·사회·문화적 가치를 창출하는 세계(플랫폼)”
 △ 가상융합산업진흥법대안(2024.2.1.)의 메타버스 정의 : “이용자의 오감을 가상공간으로 확장하거나 현실공간과 혼합해 인간과 디지털 정보 간 상호 작용을 가능하게 하는 기술을 바탕으로 다양한 사회적·경제적·문화적 활동을 할 수 있도록 구성된 가상의 공간이나 가상과 현실이 결합한 공간”

■ 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합은 메타버스를 통한 기술적, 사회적, 경제적 가치 창출의 새로운 지평을 열 것으로 기대되며, 본 보고서는 이러한 변화를 촉진하고 지원하기 위한 정책적 제언 도출을 통해 메타버스의 미래 발전을 위한 방향 제시

[그림 1] 연구 구성도



II. 공간컴퓨팅 및 인공지능 개요

1. 공간컴퓨팅

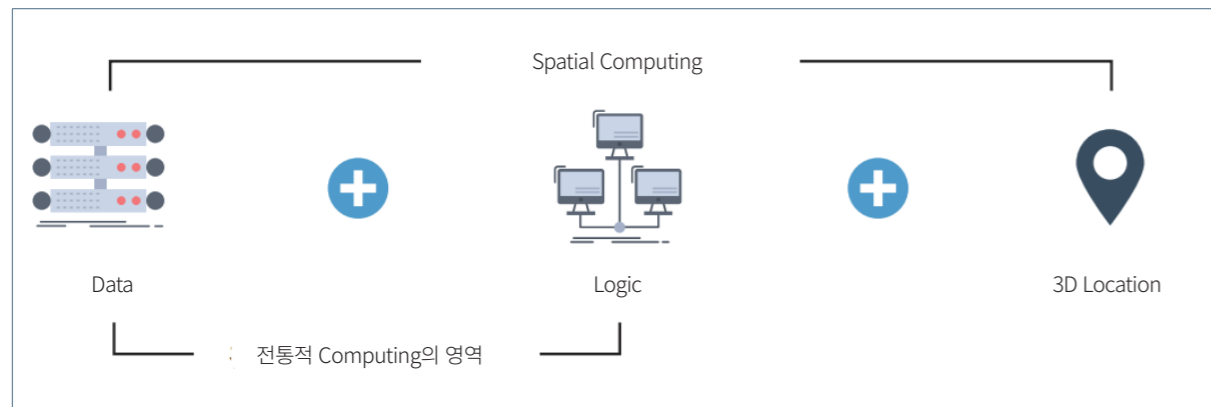
■ (공간컴퓨팅 정의) 우리 주변 공간을 디지털 경험을 위한 캔버스(Canvas)로 활용하는 컴퓨팅 환경을 제공하는 기술²

- 평면적 2D 화면에서 벗어나 우리를 둘러싼 세계에서 정보를 시각화하고 상호작용하며 사용자 경험을 향상시키는 것을 목표
 - ※ Apple社は 자사 “Apple Vision Pro”를 공간 컴퓨터로 소개하면서, 사용자가 현실 세계 및 주변 사람들과의 연결성을 유지하도록 지원하면서 디지털 콘텐츠와 물리적인 세계를 매끄럽게 어우러지게 하는 혁신 기기로 설명

² 에린 팡길리언 외.(2020), “증강현실·가상현실과 공간컴퓨팅”, O·REILLY

- (Simon Greenwold, 2003) 공간컴퓨팅은 기계가 실제 객체와 공간을 참조하고 조작하는 것으로 인간과 기계 간의 상호작용을 의미³
- (Gartner, 2023) 공간컴퓨팅은 참조가 가능한 공유된 프레임 안에서 실제 객체와 디지털 객체를 결합하는 컴퓨팅 환경을 의미⁴
- (Statista, 2024) 공간컴퓨팅은 물리적인 세계와 디지털 세계를 혼합하는 기술들을 통칭하는 용어로, 사용자들이 디지털 콘텐츠와 더 직관적이고 몰입감있게 상호작용 가능⁵
- 기존 컴퓨팅이 데이터(Data)와 논리(Logic)를 2차원으로 통합하는 반면, 공간컴퓨팅은 데이터, 논리, 3D 상황별 정보를 통합해 물리적 세계와 디지털 세계를 보다 정확하게 통합([그림 2] 참조)

[그림 2] 공간컴퓨팅 개념



출처 : Simon Greenwold(2003); 딜로이트 재구성

■ (공간컴퓨팅 구성) 가트너(Gartner)와 딜로이트(Deloitte)⁶ 등의 공간컴퓨팅 구성 내용을 참조해, 공간컴퓨팅 구성을 [표 1]의 상호작용, 정보, 물리의 세 가지 계층으로 구분

- 가상정보를 현실세계로 가져오는 AR, MR 기술을 공간컴퓨팅의 주요 기술로 볼 수 있으며, 관련 기술로 위치 추적 시스템, 센서 및 입력장치, 컴퓨터 비전, 공간매핑, 공간 사운드, AR 클라우드(AR Cloud) 등 필요⁷

³ Simon Greenwold(2003), "Spatial Computing", Massacres Institute of Technology; "Spatial computing is human interaction with a machine in which the machine retains and manipulates referents to real objects and spaces."
⁴ Gartner(Sep. 2023), "Quick Answer: What Is Spatial Computing?"; "Spatial computing is a computing environment that combines physical and digital objects in a shared frame of reference."
⁵ Statista(2024), "spatial computing is a blanket term for technologies that blend the physical and digital worlds, enabling users to interact with digital content in a more intuitive and immersive way."
⁶ Deloitte(2003), "The Spatial Web and Web 3.0", Deloitte Insights
⁷ Gartner(Sep. 2023), "Emerging Tech Impact Radar : Metaverse" & 딜로이트(2023.8.), "공간 컴퓨팅(Spatial Computing)이 만드는 새로운 현실"

[표 1] 공간컴퓨팅 구성 예시

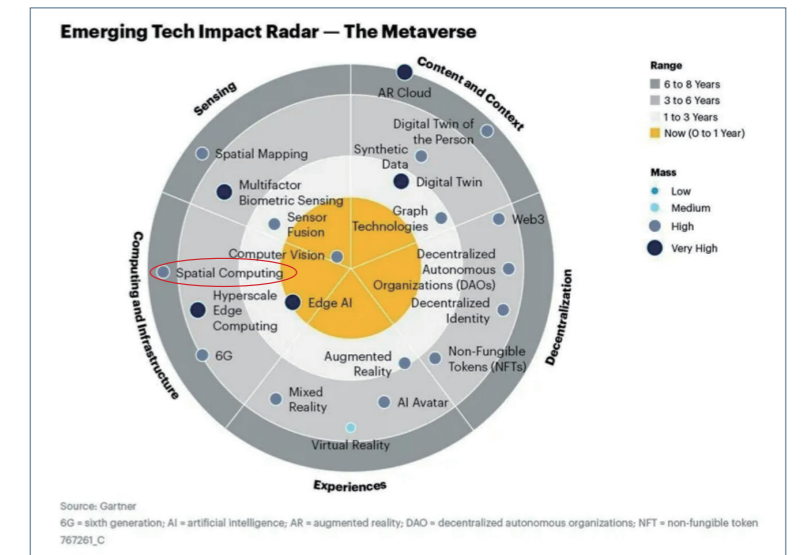
구분	내용
공간 상호작용 계층	<ul style="list-style-type: none"> • 사용자가 실제 세계에서 디지털 객체와 직관적이고 몰입감 있게 상호작용할 수 있는 방법을 제공하는 계층으로 정보 계층과 물리 계층을 통합 • 사용자는 스마트 안경, 음성 등의 차세대 인터페이스를 이용해 지리적 위치 정보(Geolocation), 컴퓨터 비전(Computer Vision), 음성, 제스처, 또는 생체 인식 명령(Biometric Commands) 등 방식으로 상황적(Contextual), 실시간 정보를 불러와 상호작용 가능
디지털 정보 계층	<ul style="list-style-type: none"> • 물리적 세계의 디지털 표현을 위한 데이터(예. 지리공간 데이터)를 포함하고, 물리적 세계의 디지털 맵핑(Mapping)을 통해 모든 객체의 디지털 트윈을 생성하는 계층 • 현재는 주로 스크린이나 대시보드(Dashboard) 등을 통해 접근이 가능한 정보이지만, 향후 주로 상호작용 계층을 통해 검색 가능
물리 계층	<ul style="list-style-type: none"> • 우리가 오감을 통해 현재 알고 경험하고 있는 세계

출처 : Gartner(2023), Deloitte(2003) 참조해 SPRi 종합

■ (공간컴퓨팅과 메타버스) 공간컴퓨팅은 메타버스를 구현하는 주요 기술로 볼 수 있으며, 공간 컴퓨팅이 제공하는 경험의 측면에서 개념을 이해하면 메타버스와 유사한 범위 수준의 해석이 가능하다는 의견도 존재⁸

- Gartner는 공간컴퓨팅이 전 산업과 사회에 미치는 영향이 클 것으로 예상되나, 공간컴퓨팅 구현에 다양한 기술이 필요해 향후 약 6~8년에 걸쳐 점진적으로 확산 전망
- * 공간 맵핑(Spatial Mapping), AR 클라우드(AR Cloud) 등 공간컴퓨팅에 필요한 특정 기술의 초기 대중적 확산에 약 6~8년 소요 예상. 다만, 다른 구현 기술들이 사용 가능해짐에 따라 공간컴퓨팅의 점진적 수용 예상

[그림 3] 가트너의 이머징 기술 레이더 : 메타버스



출처 : Gartner(2023), "Emerging Tech Impact Radar : Metaverse"

- 이승환(2023)은 공간컴퓨팅을 연산의 개념을 넘어 경험의 요소를 포괄한 광의의 개념으로 해석한다면, 메타버스의 수준에서 공간컴퓨팅 논의가 가능할 것으로 언급

⁸ 이승환(2023.12.31.), "공간컴퓨팅과 시시대, 플랫폼 진화와 정책이슈 전망", 국회미래연구원

* Simon Greenwold(2003)는 공간컴퓨팅은 컴퓨터 속으로 공간을 가져오며, 또한, 사물에 연산 정보를 넣기도 한다고 언급했으며, Microsoft CEO인 Satya Nadella도 “메타버스는 현실 세계에 컴퓨팅을 품게 하고 컴퓨팅에 현실 세계를 품게 함으로써, 모든 디지털 공간에 실재(Real Presence)를 갖다 놓을 수 있게 해준다”라고 공간컴퓨팅 정의와 유사하게 메타버스를 정의

● 공간컴퓨팅과 메타버스의 융합은 다양한 주변 환경적 요소를 통합하고, 사용자와의 상호작용을 강화해 이용자의 몰입감, 흥미, 만족감 향상 등의 긍정적 시너지 기대

* (환경적 요소의 통합) 실시간 날씨 데이터, 이용자의 거실 환경 등을 가상 정보와 통합해 서비스의 현실성과 몰입감을 증가

* (상호작용 콘텐츠) 직관적인 제스처, 보이스 인식 등을 통해 사용자가 디지털 콘텐츠와 상호작용이 수월해지면서 서비스의 지속적 사용을 촉진

2. 인공지능(AI)

■ (AI 정의) 인간의 학습능력과 추론능력, 지각능력, 자연어 처리능력 등을 컴퓨터 프로그램으로 실현한 기술⁹

● AI는 자율주행, 헬스케어, 로봇 등 다양한 산업에 접목되고 있으며, 특히 생성형 AI(Generative AI)는 텍스트, 이미지, 음악 등을 인간과 유사한 수준으로 생성할 수 있게 되면서 예술, 사무 분야까지 전방위적 확산이 진행 중

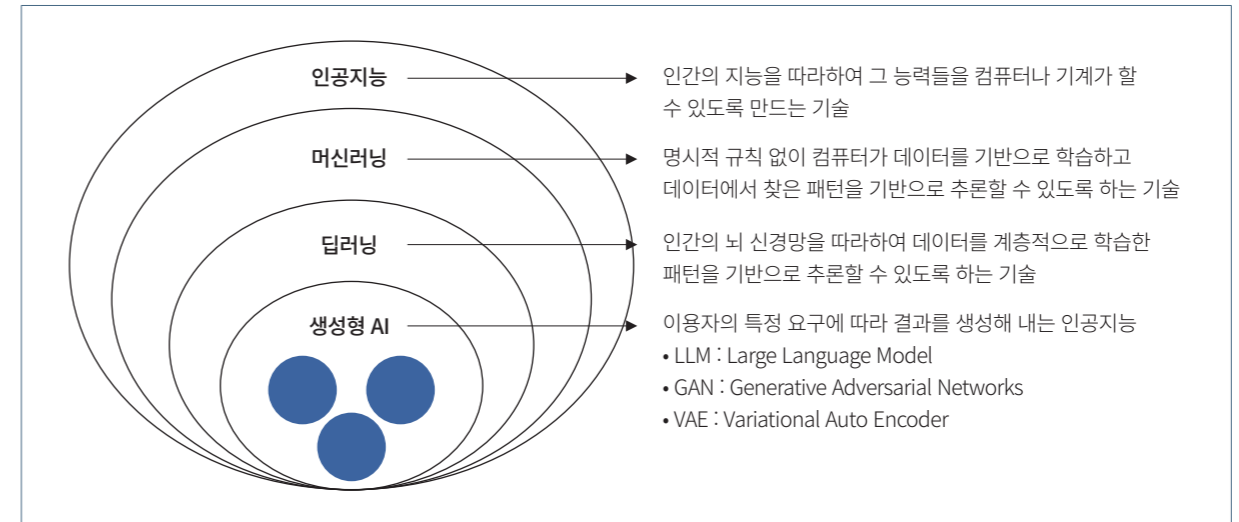
■ (주요 AI 기술) AI 기술의 핵심은 딥러닝(Deep Learning) 신경망이며, 딥러닝 신경망을 서로 다른 방식으로 훈련시켜 다양한 AI 기술 개발 가능¹⁰

- 자연어 처리, 컴퓨터 비전, 생성형 AI 등 주요 AI 기술이 신경망 기술 기반으로 개발
 - (자연어 처리) 딥러닝 알고리즘을 사용해 텍스트 데이터 해석 및 이해, 의미 수집 수행
 - (컴퓨터 비전) 딥러닝 기법을 사용해 비디오와 이미지에서 정보와 인사이트를 추출해 인간처럼 이미지 이해 가능
 - (음성인식) 딥러닝 모델을 사용해 사람의 음성을 해석하고 단어 식별 및 의미 감지
 - (생성형 AI) 텍스트 프롬프트 등 이용자의 특정 요구에 따라 결과물 생성

⁹ 유재홍 외(2023.2.), “글로벌 AI 신뢰성 정책 동향 연구”, SPRi 연구보고서

¹⁰ AWS(2024), “인공 지능(AI)이란 무엇입니까?”, aws.amazon.com/ko/what-is/artificial-intelligence

[그림 4] AI, 머신러닝, 딥러닝, 생성형AI와의 관계

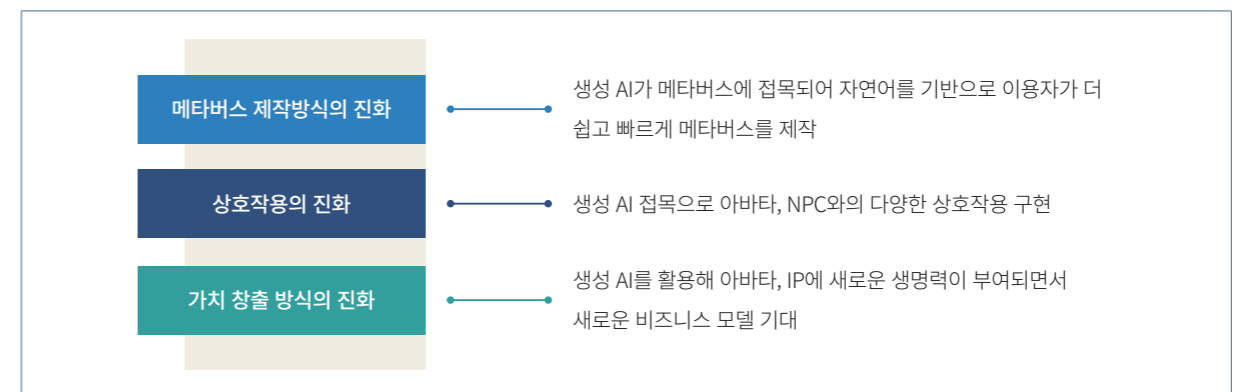


출처 : 조영임(2023), “초거대AI와 생성형 인공지능”, TTA저널 207호 05/06호

■ (AI와 메타버스) 인공지능은 메타버스의 주요 구현 기술로서, “메타버스 내 데이터 및 사용자 경험 학습, 실시간 통·번역, 사용자 감성 인지 및 표현 등을 통해 현실-가상세계 간 상호작용을 촉진” 역할¹¹

● 특히, 생성 AI 기술은 메타버스와 융합하면서 △텍스트 기반의 메타버스 콘텐츠 제작 확산 △가상 객체와의 상호작용 강화 △새로운 비즈니스 모델 출현 등 가치 창출 방식의 변화를 주도하는 엔진 역할 기대¹²

[그림 5] 생성 AI x 메타버스 시너지 기대효과



출처 : 이승환(2023.5.31.); SPRi 재구성

¹¹ 관계부처합동(2022.1.20.), “메타버스 신산업 선도전략”

¹² 이승환(2023.5.31.), “메타버스, 생성 AI 엔진을 달다”, SPRi 이슈리포트

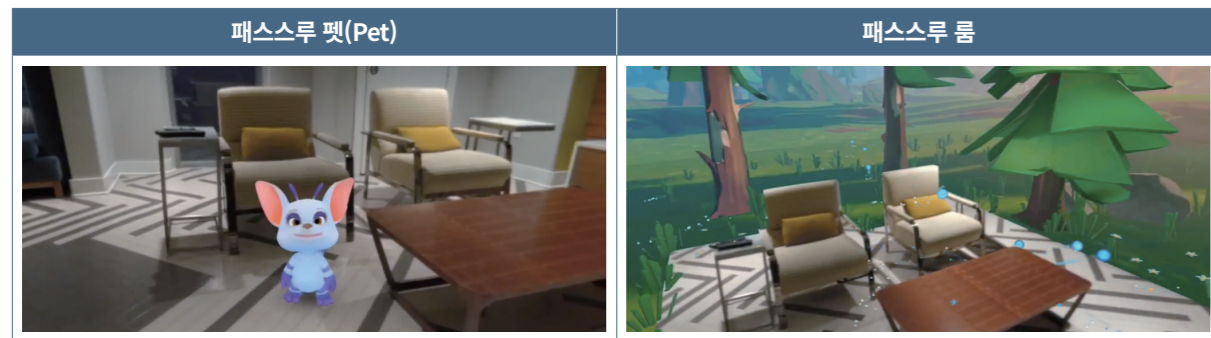
III. 공간컴퓨팅·인공지능×메타버스 진화 방향

1. 공간의 진화 : 신공간화·초개인화

■ (新공간화) 공간컴퓨팅과 AI는 현실 세계의 제약을 벗어난 공간을 만들 수 있고, 더욱 현실감있고 정확한 상호작용이 가능해짐에 따라 신공간화 수요 증가 전망

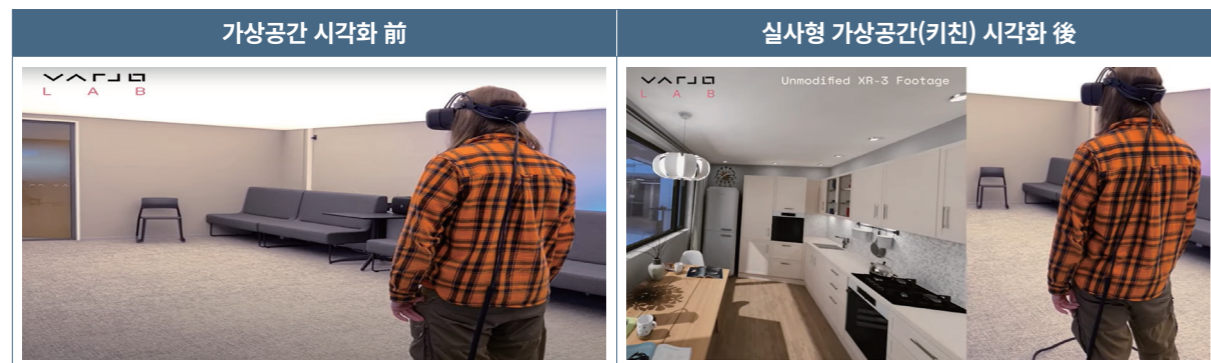
- 공간컴퓨팅의 패스루(Passthrough) 기능은 실시간으로 외부 환경을 캡처하고 디지털 디스플레이를 통해 실시간으로 전달할 수 있으며, 사용자는 이를 통해 실제 공간, 또는 디지털 콘텐츠가 혼합된 공간으로 인식 가능
 - * (Meta Presence Platform) 현실 속 방과 가구를 게임 속 공간으로 사용하면서, 가상의 동물을 현실 방안에 배치하거나 방의 배경을 숲 등 다양한 환경으로 시각화 가능

[표 2] 패스루 기반 가상 객체 및 공간 구현 예시



출처 : Meta, 'The World Beyond' 구현 장면

[표 3] 실사형 가상공간 시각화 구현 예시



출처 : Varjo, XR Kitchen 구현 장면

- 패스루 기능에서 AI는 실시간 이미지 처리 품질 향상, 객체 인식 및 추적의 정확성 향상 등을 통해 이용자의 자연스러운 상호작용을 지원
 - (환경인식) 카메라와 센서 데이터를 분석해 사용자의 주변 환경을 인식하고 이해해, 가상 객체를 실제 환경에 정확하게 배치하는데 사용
 - (객체 인식 및 추적) 실시간으로 객체를 인식하고 추적해 가상 환경과 실제 환경 사이의 상호작용을 가능하게 함
 - * (Qualcomm Snapdragon XR2 2세대 플랫폼) XR 기기용 전용 플랫폼으로, MR 환경에서 초저지연 패스루를 제공하기 위한 AI 탑재

■ (超개인화) 공간컴퓨팅과 AI는 개인이 원하는 맞춤형 서비스 제공에 활용 확대 전망

- 공간의 제약없이 자신이 원하는 공간으로 디자인할 수 있고, 선호하는 형태의 여가 서비스 선택이 가능해지면서 고객의 다양한 맞춤 수요 발생 기대([표 4] 참조)
 - (업무) 어느 장소에서나 필요한 원격 업무 환경을 디자인
 - (영화) 선호하는 크기 및 위치로 영화 스크린 조정이 가능하고, 궁금한 등장 배우, 감독, 주요 배경 등 부가 정보를 함께 디스플레이하며 영화 감상
 - (스포츠 경기) 원하는 각도에서 스포츠 경기 관람 및 선수 경기 정보 등 동시에 파악
 - (피트니스) 필요한 피트니스 운동 강사 선정, 현실 배경에서 강사 동작 따라하기 및 자신의 동작 확인
- AI는 공간컴퓨팅 환경에서 개인화된 맞춤형 서비스 제공에 유용하게 활용 가능
 - 실시간으로 객체를 인식하고 관련된 맞춤형 정보 제공 및 상호작용 가능
 - * (예) HMD로 관찰하는 동물/식물에 대한 정보를 제공하거나, 수학문제의 공식 이미지 등을 인식해 해법 제시 등 시각적 정보에 대응한 정보 제공
 - 생성형 AI가 접목된 경우, 이용자가 원하는 이미지, 영상 등을 실시간으로 생성 및 실제 환경에 배치하는 방식도 가능해질 것으로 전망
 - * (예) 자신의 방에 원하는 형태의 예술 그림/사진, 맞춤형 가구를 생성 AI로 만들어서 배치, 선호하는 GPT를 생성한 가상 캐릭터에 접목해 개인 튜터로 공간에 배치

※ [참고] OpenAI는 Apple Vision Pro용 챗GPT앱 출시¹³

- GPT-4 Turbo 모델과 대화 가능하며, 질문에 대한 답변, 조연 제공, 새로운 주제 학습 및 이미지와 텍스트 생성 등의 기능 제공
- 사용자가 음성이나 시각적 입력을 통해 AI와 더 자연스럽게 상호작용 가능하도록 지원
 - * 챗GPT에 설명해 새로운 로고, 사실적인 장면 등 콘텐츠 생성 가능

¹³ VentureBeat(2024.2.2.), "OpenAI launches ChatGPT app for Apple Vision Pro"

[표 4] 공간 컴퓨팅 기반 맞춤형 서비스 예시



출처 : Apple(업무, 영화, 스포츠 경기), Xponential Fitness(피트니스)

2. 기기의 진화 : 멀티모달화·복합경쟁화

■ (멀티모달화) 온디바이스 AI가 접목되면서 공간컴퓨팅 기기 성능 및 기능 향상이 이루어지고, 이미지, 영상, 음성, 제스처 등 다양한 인식이 가능해지면서 인간처럼 자연스러운 소통이 이루어지는 멀티모달리티(Multi-modality)¹⁴ 지원 전망

- 온디바이스 AI의 도입으로 XR기기 형태의 공간컴퓨팅 기기 성능과 기능이 향상되고 향상된 개인화 경험 제공이 가능해질 것으로 전망¹⁵
 - * 온디바이스 AI는 XR 기기의 응용분야에서 음성 및 이미지 처리, 모션 추적, 현실감 있는 콘텐츠 제작 등에 적용돼 사용자 경험 향상에 기여 기대
- 생성 AI의 접목으로 기기의 외부 이미지 인식, 사용자 음성 인식, 사용자 제스처 인식 등을 통해 사람이 외부 환경을 인식하고 소통하는 것과 유사한 모달리티 지원

¹⁴ Modality: 컴퓨터와 인간 사이의 감각입력과 출력채널

¹⁵ 한국경제신문(2024.1.26.), "CES 2024"

- 마우스, 키보드, 터치스크린 같은 중개 장치를 통해 컴퓨터와 연결되는 것이 아닌, 음성, 시각, 터치(3D로), 제스처 등 자연스러운 입력으로 정보와 직접 연결되는 자연스러운 방식으로 컴퓨터가 이용자를 이해하는 방식으로 소통 지원 기대¹⁶

- * (예) 타문화 지역 방문 시, 현지인의 언어와 몸짓, 현지 배경 등을 종합해 통역 및 소통 지원
- * (예) 시력 장애인에게 주변 환경을 실시간으로 인식 및 설명하고, 청력 장애인에게 주변 소음 인식 지원 및 수어 통역 지원

• AI는 공간컴퓨팅 모달리티를 통해 입력되고 축적된 지식을 기반으로 인식된 능동적 소통/예측적 소통 제공 전망

- * (활용 예시) 공간컴퓨팅 모달리티를 통해 축적된 공간/배경 정보를 기반으로, 특이 변화/이상이 생긴 경우 이용자에게 알림(통행로에 포트홀 발생 등)

• 궁극적으로, 공간컴퓨팅의 모달리티는 컴퓨터와 이용자 사이의 의사소통을 직관적인 실제 사람 간 소통처럼 자연스럽게 구현함으로써 디지털 기술 사용 지식 부족에 따른 디지털 격차 해소에도 기여 기대

■ (복합경쟁화) AR이나 VR로 구분됐던 기술 경계가 MR이나 공간컴퓨팅으로 융합되기 시작하고, 공간컴퓨팅에 특화된 기기, 플랫폼, 부품 제조업체 간 협력과 경쟁이 이루어지는 "복합 경쟁화" 예상¹⁷

• 기존 AR이나 VR로 용도가 구분됐던 기기들은 AR과 VR을 자연스럽게 넘나드는 공간컴퓨팅에 특화된 기기로 발전 전망

- * (예) Apple Vision Pro는 헤드셋의 '크라운(원형 버튼)'을 돌리는 방식으로, Meta Quest 3는 헤드밴드의 측면을 두드리는 방식으로 AR과 VR 경험 선택 가능

• 공간컴퓨팅 기기들은 다양한 기기, 플랫폼, 부품 제조업체 간 생태계 구축을 위한 협력과 경쟁이 이루어지는 "복합 경쟁화(Complex Competition)" 예상

- * (애플) Pixar, Adobe, Apple, Autodesk, Nvidia 등과 함께 3D 콘텐츠의 개방형 표준을 확립하기 위한 Alliance for OpenUSD 체결¹⁸
- * (삼성-구글-퀄컴) 구글이 운영체제(OS) 및 소프트웨어, 퀄컴이 반도체·칩셋 등 맡아 XR기기 개발 협력 추진¹⁹

¹⁶ 에린 팅길리언 외.(2020), "증강현실·가상현실과 공간컴퓨팅", O·REILLY

¹⁷ 이승환(2023.12.31.), "공간컴퓨팅과 AI시대, 플랫폼 진화와 정책이슈 전망", 국회미래연구원

¹⁸ Apple 보도자료(2023.8.1.)

¹⁹ 중앙일보(2023.11.8.), "[단독] 애플 잡아라...삼성·구글·퀄컴 'XR동맹' 내년 3만대 출격"

- * (메타-LG) 차세대 XR 신사업 파트너십 강화를 위한 전략적 논의 진행²⁰
- * (지멘스-소니) 소니 산업용 XR 헤드셋과 지멘스 SW를 결합한 산업용 메타버스 솔루션 출시 추진²¹

[표 5] 복합경쟁화 예시



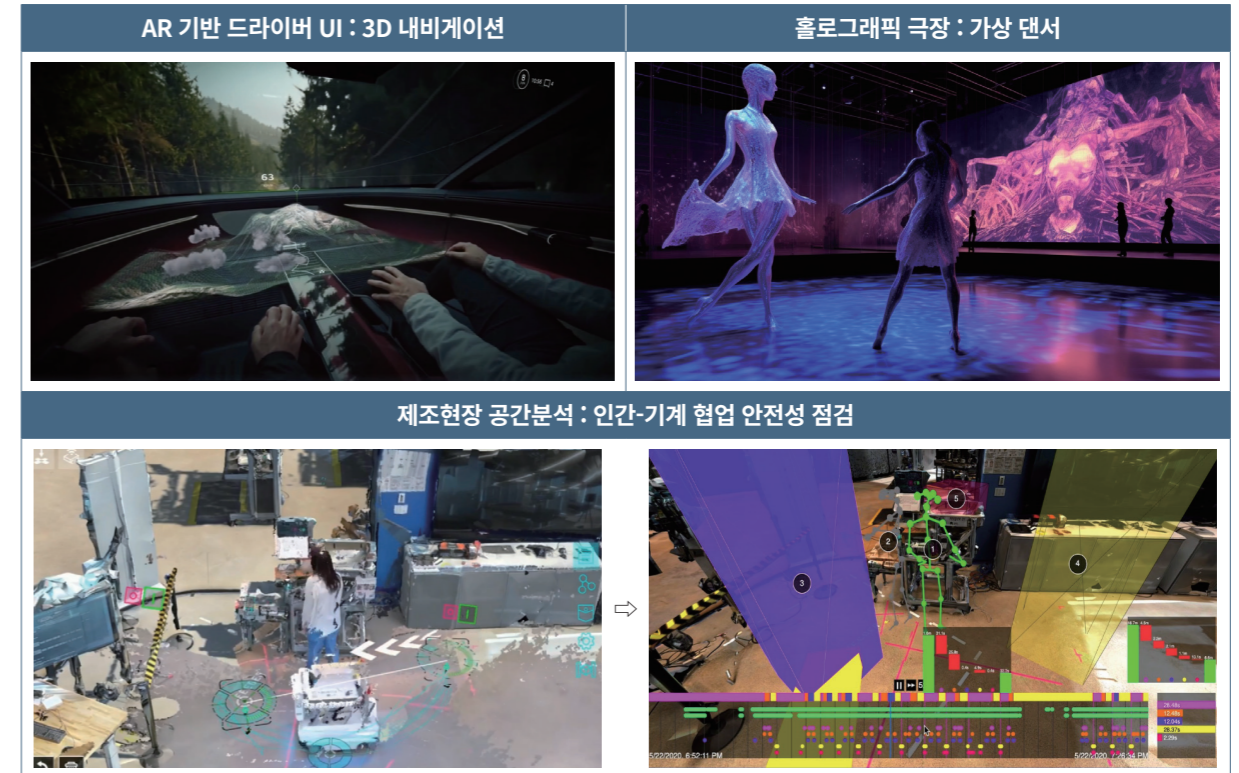
출처 : Apple, Siemens

3. 경제의 진화: 디지털 공간경제의 부상

- (디지털 공간경제²²의 부상) “공간의 진화”와 “기기의 진화”는 공간에 대한 새로운 인식과 비즈니스 모델/서비스의 창출로 이어지며, “디지털 경제”에서 “디지털 공간경제”가 새로운 축으로 자리잡고 다양한 경제 활동이 촉발되는 계기 전망
- (공간 진화에 따른 경제적 기회) 공간컴퓨팅과 AI가 메타버스와 융합되면 모빌리티, 예술/전시, 제조, 유통, 의료, 건설 등 다양한 분야에서 사용자 경험을 개선하고 가상세계와 아바타 중심의 기존 메타버스 시장을 넘어선 新비즈니스 기회 창출 전망

²⁰ 조선일보(2024.2.28.), “LG전자, 메타와 ‘XR 동맹’ 강화...저커버그·권봉석·조주완 오찬 회의”
²¹ ZDNET Korea(2024.1.9.), “지멘스 “산업용 메타버스 구현 위해 소니·아마존과 협력”
²² 이승환(2024.2.2.), “공간컴퓨팅 혁명의 파급효과와 의미”, 국회미래연구원; 대한 경제(2021.9.6.), “[공간 경제의 진화]①허물어진 경제...공간 혁명의 시작”; 일본 디지털 공간 경제 연맹(2022.11.16.), “디지털 공간의 경제 발전을 향한 보고서” - 이승환(2024.2.2.)은 디지털 공간 경험 재창조(Reinvent)를 통해 경제 전반의 변화 촉발을 전망하며 새로운 디지털 공간경제(New Digitalized Spatial Economy) 개념을 제안하고, 새로운 디지털 공간경제를 대비한 혁신 비즈니스 모델 발굴, 일하는 방식의 변화 방안을 모색할 필요성을 강조

[표 6] 공간컴퓨팅 서비스 예시



* 출처 : Audi, Verse Orland, PTC

- (모빌리티) 운전자가 실제 차량 운전 환경에서 필요한 정보를 공간컴퓨팅으로 제공
 - * Audi의 콘셉 자동차인 아우디 액티브스피어(Audi Activesphere)는 혼합현실 기반으로 운전자의 실제 도로 시야 내에 내비게이션, 자동차 운전 모드 등을 디지털 콘텐츠로 구현²³
- (전시) 현실 공간 속에서 가상의 전시물을 관람하거나 전시에 직접 참여
 - * Verse Orland의 홀로그래픽 극장은 몰입적 관람을 위해 인공지능과 공간컴퓨팅 기술을 활용한 가상 댄서 등의 전시 경험 제공²⁴
- (제조) 실시간 공간 인식/분석 등을 활용해 원격 설비/작업환경 점검 등에 활용
 - * PTC의 “공간 분석(Spatial Analysis) 도구”는 작업자의 작업 동선, 주변 장비와의 상호작용 등을 실시간으로 캡처 및 분석해 작업자-기계 협업의 안전성 향상²⁵

²³ Magic Leap(18 April, 2023), “Audi Design used Magic Leap 2 to develop a new AR-based driver interface”
²⁴ Verse Orlando(15 Jun, 2023), “AI-powered Art of the Future debuting at Verse Orlando heralds a new era of Spatial Computing in the MetaCenter”
²⁵ PTC - <https://www.ptc.com/en/industry-insights/spatial-computing>

- (기기 진화에 따른 경제적 기회) 현재 공간 컴퓨터로 볼 수 있는 XR 기기 시장은 아직 초기 단계이지만, 기기별 세대 진화에 따라 성능 및 사용성 향상, 경험자 확대 등에 따른 대중적 확산 기대
 - 애플, 메타, 소니, 엔리얼 등 다양한 회사에서 XR 기기들이 출시되고 있으나, 배터리 사용 시간, 무게, 착용감, 전용 앱 등에 대한 불편함이나 한계 지적
 - * 애플 비전 프로의 '24년도 판매량은 약 50만대로 추정되며, IDC에 따른 '23년 AR/VR 헤드셋 출하량도 약 810만대 수준으로 전 세계 스마트폰(약 12억대) 대비 0.7%에 불과
 - 하지만, 향후 성능 개선, 미디어 소비 경험 향상, 킬러 애플리케이션 등장, 지속적인 경험자 확대, 소셜 미디어 노출 증가 등을 통한 시장 확산 기대
 - * 애플 아이폰 판매량 : 139만 대(2007년) ⇒ 1,163만 대(2008년)²⁶
 - 시장조사 전문기관인 IDC는 '23년 전 세계 AR/VR 헤드셋 출하량은 전년 동기 8.3% 감소한 810만대에 그치지만, '24년에는 46.4% 증가한 1,180만 대에 이를 것이며, 연평균 37.2%(’23-’27) 성장해 2027년 2,860만 대 도달 전망²⁷
- (디지털 공간경제의 기회) 공간과 기기 진화에 따른 새로운 경제적 기회 창출은 궁극적으로 디지털 공간 경제라는 거시적 경제 변화의 흐름으로 이어질 것으로 기대되며, ‘디지털 경제’와 ‘공간경제’의 진화와 확장 관점에서도 디지털 공간경제의 기회 전망 가능
 - (디지털 경제 관점) 디지털 공간경제는 디지털 경제에서 생성된 데이터와 콘텐츠가 물리적 공간에 통합돼 새로운 사용자 경험과 경제 활동을 창출하는 것을 의미
 - 디지털은 기술·산업 중심의 기존 ICT를 넘어 디지털로 쏠분야가 근본적으로 재편되는 디지털전환(Digital Transformation)을 의미하며(대한민국 디지털 전략, 2022.9.), 디지털 경제의 핵심은 이에 따른 디지털화와 이를 통한 콘텐츠 등 가치 창출에 있다고도 볼 수 있음
 - 이러한 관점에서, 디지털 공간경제는 디지털 경제에서 생성된 데이터와 콘텐츠가 공간컴퓨팅 기술을 통해 물리적 공간에 통합되면서 새로운 디지털 경제 공간의 생성, 사용자 경험·인지 향상과 새로운 공간 데이터 창출과 활용을 촉진
 - (공간경제 관점) 디지털 공간경제는 공간경제의 공간적 요소에 공간컴퓨팅, AI 기술 등 디지털 기술을 통합해 확장 및 확장된 공간에서의 경제 활동 창출을 의미
 - 공간경제는 공간의 구성, 위치 거리와 같은 경제 활동에 영향을 미치는 영향을 연구하며, 공간적 요소가 경제적 결정과 성과에 미치는 영향을 분석
 - 이러한 관점에서, 디지털 공간경제는 공간경제의 기본 원칙에 디지털 기술을 통합해 공간의 사용과 경제적 가치 창출 방식을 혁신

²⁶ 방은주(2017.1.10.), “숫자로 본 아이폰 탄생 10주년”, 전자신문

²⁷ IDC(2023.12.20.), “AR/VR Headset Market Forecast to Decline 8.3% in 2023 But Remains on Track to Rebound in 2024, According to IDC”

- 공간컴퓨팅, AI 기술의 발전은 디지털 정보가 융합된 물리적 공간의 경제적 활용을 정의하고, 디지털 공간에서의 경제 활동을 가능하게 함으로써 공간경제의 개념을 확장

IV. 시사점

■ (메타버스의 진화 방향) 공간컴퓨팅과 AI가 메타버스에 융합되면서 나타나는 메타버스의 진화 방향은 크게 3가지로 예상

- ① (공간의 진화) 물리적 공간이 가상의 공간이나 객체를 위한 배경(Canvas) 역할을 하면서 공간 기반의 “신공간화”와 “초개인화”를 지향하는 새로운 가치 창출
- ② (기기의 진화) 음성, 이미지, 제스처 등 다양한 수단으로 인간처럼 자연스러운 소통이 이루어지는 공간컴퓨팅 기기의 “멀티모달화”와 다양한 기기, 플랫폼, 부품 제조업체 간 협력과 경쟁이 이루어지는 “복합 경쟁화” 확산 전망
- ③ (경제의 진화) 공간과 기기 진화에 따른 새로운 경제적 기회 창출은 궁극적으로 “디지털 공간경제”라는 거시적 경제 변화의 흐름으로 이어질 것으로 기대

- 상기의 진화 방향은 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합이 가져올 변화의 범위와 깊이를 보여주며, 이를 메타버스가 단순한 기술적 진보를 넘어 사회적, 경제적 변화를 이끌 수 있는 잠재력을 가지고 있음을 강조

■ (정책 제언) 메타버스의 진화를 촉진하고 경제적 기회를 실현하기 위해 3가지 정책적 지원 방향을 제언

- 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합 지원
 - 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합을 지원하기 위한 공동 연구 프로그램 설립 지원
 - 기술혁신을 위한 기업 간 협력과 파트너십 구축 인센티브 및 보조금 제공 확대
 - 공간컴퓨팅과 AI의 메타버스 융합의 선도적 활용 사례를 지속적으로 창출
 - 국제 협력을 통해 최신 연구 동향 및 기술 개발 공유 및 관련 국제 표준 활동 지속 지원

● 기기 생태계 조성 지원

- 복합적인 경쟁 구도가 이루어질 것으로 예측되는 상황에서 기기 완제품뿐만 아니라 소재, 부품, 장비 등에 대한 전반적인 국제 경쟁력 분석에 기반해, 공간컴퓨팅 디스플레이/반도체 등 기기 생태계 시장에서의 한국 기업의 기회 모색과 지원 방안 마련
 - ※ 현재 공간컴퓨팅 기기 생태계 시장은 글로벌 빅테크 기업들이 주도하고 있는 것으로 보이나, 공급 물량, 킬러 애플리케이션, 디스플레이/배터리/센서 등 중요 기술의 성숙도 측면에서 아직 초기 시장으로 평가 중
- 국내 교육 기관, 병원, 제조업 등 민간/공공 수요부문과 국내 디바이스 공급 기업 간 협력을 통해 산업 특화 기기의 제조·확산 지원

● 디지털 공간경제 육성 지원

- 디지털 공간에 특화된 창조적 비즈니스 모델 창출과 기업과 개인에게 무한한 기회를 열어주는 거시적 관심의 경제 전략, “디지털 공간경제 전략” 등 중장기 전략 수립 검토
 - ※ 공간컴퓨팅, AI 등 메타버스 구현 기술의 지속적인 발전으로 가상공간과 현실공간의 경계가 사라지며 디지털 공간 기회는 지속 확대될 것으로 전망
- 디지털 공간이라는 관점에서 관련 기술혁신을 포괄하고, 차세대 웹으로서의 디지털 공간에서의 글로벌 경쟁력 강화 및 주도권 확보 방안 포함
- 공간컴퓨팅과 AI 융합을 지원하기 위한 R&D, 공간컴퓨팅과 AI 기술을 활용한 메타버스 크리에이터 교육/육성 지원, 안전한 공간컴퓨팅 기술 사용 등 관련 제도 정비/규제방안도 수반 필요

○ 참고문헌

1. 국내문헌

관계부처합동(2022.1.20.), “메타버스 신산업 선도전략”
 대한 경제(2021.9.6.), “[공간 경제의 진화]①허물어진 경계...공간 혁명의 시작”
 딜로이트(2023.8.), “공간 컴퓨팅(Spatial Computing)이 만드는 새로운 현실”
 에린 팡길리언 외.(2020), “증강현실·가상현실과 공간컴퓨팅”, O·REILLY
 이승환(2023.5.31.), “메타버스, 생성 AI 엔진을 달다”, SPRi 이슈리포트
 이승환(2023.12.31.), “공간컴퓨팅과 AI시대, 플랫폼 진화와 정책이슈 전망”, 국회미래연구원
 이승환(2024.2.2.), “공간컴퓨팅(Spatial Computing) 혁명의 파급효과와 의미 : N.E.X.T”, 국회미래연구원
 일본 디지털 공간 경제 연맹(2022.11.16.), “디지털 공간의 경제 발전을 향한 보고서”
 미라클아이(2023.9.3.), “[단독] 메타 LG와 손잡고 고급 MR 만든다...애플 겨냥”
 유재홍 외(2023.2.), “글로벌 AI 신뢰성 정책 동향 연구”, SPRi 연구보고서
 중앙일보(2023.11.8.), “[단독] 애플 잡아라...삼성·구글·퀄컴 'XR동맹' 내년 3만대 출격”

한국경제신문(2024.1.26.), “CES 2024”

ZDNET Korea(2024.1.9.), “지멘스 "산업용 메타버스 구현 위해 소니·아마존과 협력”

2. 국외문헌

Deloitte(2003), “The Spatial Web and Web 3.0”, Deloitte Insights.

Gartner(Sep. 2023), “Emerging Tech Impact Radar : Metaverse”

Gartner(Sep. 2023), “Quick Answer: What Is Spatial Computing?”; “Spatial computing is a computing environment that combines physical and digital objects in a shared frame of reference.”

IDC(2023.12.20.), “AR/VR Headset Market Forecast to Decline 8.3% in 2023 But Remains on Track to Rebound in 2024, According to IDC”

Magic Leap(18 April, 2023), “Audi Design used Magic Leap 2 to develop a new AR-based driver interface”

Simon Greenwold(2003), “Spatial Computing”, Massacres Institute of Technology; “Spatial computing is human interaction with a machine in which the machine retains and manipulates referents to real objects and spaces.”

Statista(2024), “spatial computing is a blanket term for technologies that blend the physical and digital worlds, enabling users to interact with digital content in a more intuitive and immersive way.”

VentureBeat(2024.2.2.), “OpenAI launches ChatGPT app for Apple Vision Pro”

Verse Orlando(15 Jun, 2023), “AI-powered Art of the Future debuting at Verse Orlando heralds a new era of Spatial Computing in the MetaCenter”

3. 기타

AWS(2024), “인공 지능(AI)이란 무엇입니까?”, aws.amazon.com/ko/what-is/artificial-intelligence

Apple 보도자료(2023.8.1.), “Pixar, Adobe, Apple, Autodesk 및 NVIDIA, 3D 콘텐츠의 개방형 표준을 확립하고자 Alliance for OpenUSD 체결”

PTC – <https://www.ptc.com/en/industry-insights/spatial-computing>