

# 특허 토픽 기반 메타버스 기술 프레임워크: 가상 세계를 중심으로

백춘삼<sup>1</sup> · 최재명<sup>2</sup> · 이학연<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 / (주)삼성SDS 클라우드서비스사업부

<sup>2</sup>서울과학기술대학교 데이터사이언스학과 / (주)오누이 개발팀

<sup>3</sup>서울과학기술대학교 산업공학과

## A Metaverse Technology Framework based on Patent Topics: Focusing on Virtual Worlds

Choonsam Beack<sup>1</sup> · Jaemyoung Choi<sup>2</sup> · Hakyeon Lee<sup>3</sup>

<sup>1</sup>The Graduate School of Public Policy and Information Technology, Seoul National University of Science and Technology / Cloud Service Business Division, SAMSUNG SDS Co., Ltd.

<sup>2</sup>Department of Data Science, Seoul National University of Science and Technology / Research & Development Team, Onui Inc.

<sup>3</sup>Department of Industrial Engineering, Seoul National University of Science and Technology

This paper aims to develop a metaverse technology framework using patent data and analyze the capabilities of companies based on it. To this end, 4,099 patents registered with the US Patent and Trademark Office were collected and preprocessed. Latent Dirichlet Allocation(LDA) topic modeling was performed to derive 20 topics, and a 4-layer metaverse technology framework was derived by grouping these topics. Leading companies were identified and their capabilities analyzed from the result of LDA topic modeling. This study provides a data-based empirical perspective to understand the technology structure and hierarchy of metaverse service; it can be used for setting companies' future metaverse research plans and standardization activities.

**Keywords:** Metaverse, Virtual Worlds, Latent Dirichlet Allocation(LDA), Patent Analysis, Topic Modeling, Technology Framework

### 1. 서론

닐 스티븐슨은 1992년 공상과학 소설 스노우 크래쉬(Snow Crash)에서 메타버스(Metaverse)의 용어와 개념을 처음으로 소개하였다. 사용자는 몸에 착용한 고글을 통해 컴퓨터가 만들어내는 3D 동영상 기반의 가상 세계(Virtual Worlds)인 메타버스에 접속하여 물리적 제약에서 벗어난 소프트웨어로 구현된

가상 환경(Virtual Environment)속에서 보다 다양한 경험을 얻을 수 있다(Neal Stephenson, 1992). 메타버스 서비스의 시나리오 유형은 증강 현실(Augmented Reality), 라이프로그킹(Lifeloggging), 가상 세계(Virtual Worlds) 및 거울 세계(Mirror Worlds)로 분류할 수 있으며 시나리오간 중첩(Cross-Scenario)에 따라 새로운 시나리오도 발생한다(ASF, 2007).

또한, 메타버스는 실감형 디지털 환경으로 기존의 제품 및

이 연구는 한국연구재단의 이공분야기초연구사업(기본연구)의 지원을 받아 수행되었음(NRF-2021R1F1A1045787).

\* 연락저자 : 이학연 교수, 서울시 노원구 공릉로 232 서울과학기술대학교 프론티어관 607호, Tel : 02-970-6469, Fax : 02-974-2849,

E-mail : hylee@seoultech.ac.kr

2023년 8월 2일 접수, 2023년 9월 17일 수정본 접수, 2023년 9월 25일 게재 확정.

서비스에 영향을 줌으로써 2026년까지 25%의 사람들이 매일 한 시간 이상 메타버스에서 활동할 것으로 전망되며(Gartner, 2023), 시장 규모의 급격한 증가가 예상되며 관련 연구 또한 최근 급증하는 추세에 있다. 따라서, 최근 이슈가 되고 있는 새로운 가상 세계 서비스인 메타버스에 대해 향후 체계적인 연구를 위한 메타버스의 기술적 특징 및 구조에 대한 상세한 연구가 필요한 상황이다. 이러한 이유는 메타버스를 구성하는 구성 요소에 대한 이해가 향후 메타버스의 확장 및 발전에 필수적인 요소이기 때문이다(Kang, 2021).

메타버스에 대한 서비스가 확대되고 최근 관련 연구가 활발하게 진행되고 있는 상황이지만, 최근까지 많은 연구들은 메타버스 서비스의 정의 및 사회적 의미에 대한 분석을 주제로 다루고 있다(Park and Kim, 2022). 사회적 의미를 주제로 다룬 연구로는 메타버스 개념, 분류, 동향을 분석하거나(Lee, 2021; Dionisio *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2022), 게임, 교육, 협업 등 메타버스 응용 서비스 분야에 대한 적용과 발전 방향을 전망하고(Hwang, 2021; Diaz *et al.*, 2020; Suzuki *et al.*, 2020) 또는 메타버스의 이론적 모델 제시(Davis *et al.*, 2009; Land *et al.*, 2011; Ko *et al.*, 2021; Oh, 2021) 및 메타버스 서비스 수용 의도를 분석하는 연구들(Oh, 2021; Park *et al.*, 2021)이 있다. 이러한 연구들은 메타버스가 이슈가 되고 사회 전반에 관심이 고조되는 과정에서 필수적으로 수행되어야 하는 연구이나 메타버스 시나리오를 구현하고 서비스를 개발하는 기업을 위한 보다 구체화된 실증적인 기술 구조에 대한 연구가 추가적으로 필요하다.

메타버스 기술 구조 및 기업 생태계 분석에 대한 연구 사례들을 살펴보면, 연구자 또는 연구기관의 주관적인 메타버스 생태계를 분석하거나(Mudrick, 2021; Hwang, 2022; Seok, 2021), 문헌 연구를 통한 기술요소 및 프레임워크를 제시(Lee, 2021; Kang, 2021; Park *et al.*, 2022; Matthew Ball, 2021) 및 논문 데이터를 활용하여 LDA 분석이나 계량서지분석을 수행한 연구들이 있다(Schmitt, 2022; Cheng *et al.*, 2022). 이와 같은 연구들은 메타버스가 다양한 분야의 기술을 통합적으로 포괄하여 서비스를 제공함으로써 그에 대한 기술 요소와 기술 프레임워크를 분석하고 제시한 것으로 의미를 가질 수 있으나, 객관적이고 일관되지 않은 프레임워크로 인해 향후 메타버스 간 표준화를 저해하는 결과를 초래할 수도 있다(Gartner, 2023). 이는 메타버스 상호운용성 표준화를 목표로 메타버스 표준화 포럼(The Metaverse Standards Forum)이 최근 발족된 이유이기도 하다. 따라서, 본 연구에서는 특허 정보를 기반으로 토픽 모델링을 수행하여 메타버스 세부 구성 기술들을 도출하고 기술 구조를 분석함으로써 데이터 기반의 객관적이고 실증적인 메타버스 기술 프레임워크를 제시하고자 한다. 또한, 제시된 기술 프레임워크 기반으로 특허 등록 기업들의 기술 분야별 경쟁 우위 분석과 및 기술 강약점을 도출함으로써 메타버스 기술 기업들의 연구 동향과 기술 경쟁력을 분석한다. 한편, 메타버스는 인터넷의 다음 단계의 핵심이며 3차원 환경으로의 전환을 의미한다(Schmitt, 2022). 따라서, 기존의 인터넷을 대체

하여 보다 다양한 서비스가 개발되고 상호 연동되어 운용되기 위한 첫 걸음으로써 기술구조 및 프레임워크 표준화에 대한 논의가 필요하다. 이러한 측면에서 본 연구의 의의를 찾을 수 있다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 메타버스 기술 구조 및 프레임워크 분석과 LDA 토픽 분석의 기존 연구를 살펴보고, 제3장에서는 연구 프레임워크, 데이터 수집/정제 및 토픽 분석 과정을 설명한다. 제4장 메타버스 기술 구조 분석에서는 LDA 토픽 모델링을 통해 획득한 토픽들의 특성을 분석하고 이후 기술 분야별로 그룹핑하고 계층화함으로써 메타버스 기술 프레임워크를 도출하는 과정을 기술한다. 제5장 개발된 메타버스 기술 프레임워크를 기반으로 주요 기업들의 메타버스 기술 경쟁력 분석 결과를 기술한다. 기술 경쟁력 분석은 프레임워크를 구성하는 기술 토픽별 우수 기업 분석과 개별 기업의 기술 역량 분석으로 나누어 진행되었다. 마지막으로 제5장 결론에서는 연구의 성과 및 의미를 기술하고 한계점 및 향후 연구방향을 제시한다.

## 2. 메타버스 기술 프레임워크 선행 연구

메타버스는 새로운 기술들로 구현됨에 따라 그로 인하여 많은 가능성과 도전 과제들이 상호 존재한다(Cheng *et al.*, 2022). 따라서, 메타버스를 구성하는 구성요소에 대한 이해는 향후 메타버스의 확장 및 발전에 필수요소이다(Kang, 2021). 이를 위해 <Table 1>과 같이 다양한 연구자들에 의해 메타버스의 기술 구조 및 프레임워크가 제시되었다. 이를 토대로 정리하면, 메타버스는 기존의 범용 기술의 복합 적용으로 기존 서비스와 제품에 실감형 경험을 제공하는 새로운 유형의 플랫폼 서비스로 정의할 수 있다(Neal Stepheson, 1992; ASF, 2007; Lee *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2023).

하지만, <Table 1>에서 볼 수 있는 바와 같이 다수의 연구들이 문헌 기반의 분석 또는 연구자의 주관적인 견해를 바탕으로 체계화 되지 않은 나열식의 기술 구조와 프레임워크를 제시(Matthew Ball, 2021; Park *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2022) 함으로써 메타버스 기술의 공통화 및 표준화된 의미를 찾기에는 다소 어려움이 있었다. 첫 번째로, 메타버스 기술 구조를 8개의 핵심 스택(Core Stack)인 Hardware, Compute, Networking, Virtual Platforms, Interchange Tools & Standards, Payment Services, Content/Service/Assets, User Behavior로 분류하고 각각의 스택의 의미를 기술하였으나 스택을 구성하는 8개의 요소들에 대한 그룹핑 및 상호관계에 대한 상세한 기술은 제시되지 않았다(Matthew Ball, 2021). 두 번째로, 메타버스를 구성하는 기술 프레임워크를 2개(Application 및 Technologies) 또는 3개(Hardware, Software 및 Contents)의 영역으로 분류하고 각각의 영역에 포함되는 요소기술들을 포괄적으로 제시하였으나, 요소기술간 연동을 통해 제공되는 메타버스 서비스의 연결된 호

를 설명할 수 있는 체계적으로 구조화 된 기술 프레임워크는 제시되지 않았다(Park *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2022).

일부 연구들에서는 다음 단계의 인터넷인 Web 3.0 및 Spatial Web으로 언급(Cook *et al.*, 2020)되는 메타버스의 기술 프레임워크를 기존 인터넷의 OSI 참조 모델이나 TCP/IP 모델과 같이 계층적으로 기술하였다(Radoff, 2021; Lee *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2023; Schmitt, 2022). 메타버스 밸류 체인을 7계층인 Experience, Discovery, Creator Economy, Spatial Computing, Decentralization, Human Interface 및 Infrastructure로 계층별

역할을 기술하였으나, 개방형 시스템간 상호 접속 표준인 OSI가 제공하는 상호 연동의 표준으로써의 의미는 제시하지 못하였다(Radoff, 2021). TCP/IP와 유사한 계층적 모델 형태의 프레임워크를 제시한 선행 연구들로서 Human-centered communication, Virtuality and reality interaction, Space Convergence, Ubiquitous Connections의 4계층 모델과 Ecosystem과 Technology의 2계층(내부 기술 그룹 제시) 모델의 경우에도 앞서 살펴본 선행 연구들과 마찬가지로 OSI 참조 모델이나 TCP/IP 모델과 같이 각각의 계층의 역할과 상호 연동에 따른 서비스 제공의

**Table 1.** Previous Researches Relate to Metaverse Technology Framework

Researchers	Proposed Technology Structure and Framework
Lee <i>et al.</i> (2021)	Categorized by technology and ecosystem (applications) <b>[Technologies]</b> AI, Blockchain, Computer Vision, Network, Edge Computing, User Interactivity, Extended Reality, IoT&Robotics <b>[Ecosystems]</b> Avatar, Content Creation, Virtual Economy, Security & Privacy, Social Acceptability, Trust & Accountability
John Radoff(2021)	Proposed 7 layers of the Metaverse ① Experience: Games, Social, E-sports, Theater, Shopping ② Discovery: Ad Networks, Social, Curation, Ratings, Stores, Agents ③ Creator Economy: Design Tools, Asset Markets, Workflow, Commerce ④ Spatial Computing: 3D Engines, VR/AR/XR, Multitasking UI, Geospatial Mapping ⑤ Decentralization: Edge Computing, AI Agents, Microservices, Blockchain ⑥ Human Interface: Mobile, Smartglasses, Wearables, Haptics, Gestures, Voice, Neural ⑦ Infrastructure: 5/6G, WiFi, Cloud, 7nm to 1.4nm, MEMS, GPUs, Materials
Park <i>et al.</i> (2021)	Proposed 3-component level to create an immersive experience ① Hardware: HMD, Hand-based & Non-hand-based Input Device, Motion Input Device ② Software: Scene/object & Sound/speech recognition, Scene/object generation, Sound/speech synthesis, Motion rendering ③ Contents: Multimodal content representation, Agent Persona modeling, Multimodal entity linking and expansion, Scenario generation, Scenario population, Scenario evaluation
Matthew Ball(2021)	8 core stacks of the metaverse - Hardware, Compute, Networking, Virtual Platform, Interchange Tools & Standards, Payment Services, Content/Service/Assets, User Behavior
Shi <i>et al.</i> (2022)	Proposed 4 pillars contribute the immersion in the Metaverse ① Human-centered Communication: Multi-dimensional/Multi-sensory/3D Communication Methods, Social Networks Analysis, Social Aware Computing, Cognitive Computing, Swarm Intelligence, Affective Computing ② Virtuality and reality interaction: VR, AR, MR, Brain-Computer Interface, Game Engine, 3D Modeling ③ Space Convergence: Accurate Mapping, Space-time Consistency, Session/Resource/Energy Management ④ Ubiquitous Connections: Ubiquitous Sensing, Networking and communication, Strong Computing power, AI, Blockchain
Schmitt(2022)	Categorized by ecosystem and technology <b>[Ecosystem]</b> Enterprise and Consumer Use Cases, Content Creation, Virtual Economy, Avatars <b>[Technologies]</b> ① Extended Reality(VR/AR), User Interfaces ② AI, Blockchain, Edge Computing
Cheng <i>et al.</i> (2022)	Categorized by application and technology <b>[Application]</b> Virtual Retail, Virtual Tourism, Virtual Health, Virtual Game <b>[Technologies]</b> ① HMD, Hand-based & Non-hand-based Input Device, Motion Input Device ② Blockchain, Extended Reality, Computer Vision, IoT, AI, Network, Edge/Cloud

연속된 흐름에 대한 설명을 포함하고 있지는 않았다(Lee *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2023; Schmitt, 2022).

따라서, 본 논문에서는 메타버스 서비스 구현을 위한 핵심 요소인 3D 실감형 기능 구현 기술뿐 아니라 이의 기반이 되는 범용 기술 및 상호 연동 기술 등을 포함하고 있는 특허 데이터를 기반으로 객관적이고 포괄적인 메타버스 기술 요소, 구조 및 계층화된 프레임워크를 실증 개발함으로써 메타버스 서비스 구현을 위한 상호 연동 표준화의 방향성을 제시하고자 한다.

### 3. 연구 방법

#### 3.1 연구 프레임워크

본 논문의 연구 프레임워크는 <Figure 1>와 같다. 데이터 수집은 미국 특허청(USPTO)에 등록된 특허 데이터를 대상으로 구글 특허정보 제공 서비스(patents.google.com)를 활용하여 추출하였다. 다음 단계로는 토픽 모델링을 적용하기 위하여 수집된 데이터를 전처리(Preprocessing) 및 정제(Cleansing)하고, LDA 토픽 모델링 기법을 활용하여 토픽과 할당된 단어를 추출하였다.

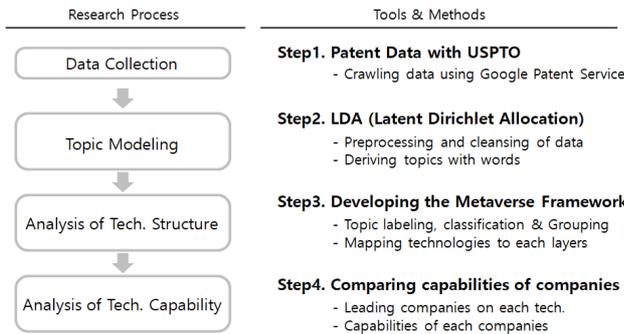


Figure 1. Research Framework

추출된 토픽을 기반으로 메타버스 기술 구조 분석을 통해 기술 프레임워크를 개발하였다. 이를 위해 토픽 라벨링, 분류 및 그룹핑을 수행하여 토픽과 메타버스 구성 기능을 매핑하였으며 그룹핑된 기술 항목들을 계층별로 할당함으로써 메타버스 기술 프레임워크를 도출하였다. 마지막 연구 프로세스인 메타버스 기술 경쟁력 분석에서는 앞서 도출된 기술 구도와 프레임워크 기반으로 기술 분야(토픽)별 우수 기업을 도출하고 추가적으로 개별 기업들이 보유한 기술 역량을 분석하였다.

#### 3.2 데이터 수집 및 정제

미국 특허청(USPTO)에 2013년부터 2022. 8월까지 최근 10년간 등록된 특허에 대해 구글의 특허정보 제공 서비스(patents.google.com)를 이용하여 특허의 번호(id)/제목(title)/초

록(abstract)/출원인(기업)(assignee)/출원일(creation date)/등록일(grant date) 등 연구에 필요한 정보를 추출하였다. 특허 정보 추출에 사용된 검색 키워드는 메타버스 가상 세계(Virtual Worlds)를 나타내는 “Virtual World”, “Virtual Environment” 및 “Virtual Reality”를 사용하였다(Neal Stephenson, 1992; ASF, 2007).

추출 결과 총 4,099개 특허를 수집하여 <Figure 2>과 같이 데이터 전처리 및 정제 과정을 수행하였다. 먼저, 특허의 제목과 초록을 합친 텍스트 데이터를 대상으로 영어의 대·소문자 및 숫자를 제외한 특수 문자를 제거하고 띄어쓰기 단위로 토큰화를 진행하였다. 다음으로 토큰화된 단어를 품사를 태깅하여 형용사, 부사, 명사, 동사의 단어들만 선정하여 사용 데이터로 활용하였다. 다음으로 각 단어의 원형을 복원하여 여러 가지 단수 및 복수형태의 단어를 단수 형태로 통일시켜주었다. 마지막으로 a, an, the 등과 같은 관사나 in, on, by 등과 같은 전치사에 대한 불용어를 제거하였다.



Figure 2. Data Preprocessing and Cleansing

#### 3.3 토픽 모델링

토픽 모델링은 추출한 대량의 다양한 문서들로부터 잠재적인 주제(토픽)를 추출하는 방법론으로 대규모 텍스트 데이터 분석에 활용되며, 많은 연구자들에 의해 활용되고 있다. 그 중에서도 가장 널리 쓰이는 방법인 LDA(Latent Dirichlet Allocation)는 머신러닝과 자연어 처리 분야의 확률적 생성 모델 중 하나로, 텍스트 내의 단어 분포를 기반으로 텍스트가 어떤 토픽들로 구성되어 있는지를 파악한다(Blei *et al.*, 2003; Blei, 2012). 이 기법은 문서가 여러 주제로 구성될 수 있으며, 각 주제는 다양한 키워드(단어)들로 이루어질 수 있다는 가정을 바탕으로 하며 여기서 각 주제는 특정 단어가 더 자주 등장할 확률분포로 표현되며 그룹화된 단어들로부터 주제(토픽)를 도출하게 된다. 따라서, 문서는 잠재된 주제에 대한 무작위 혼합으로 표시되며 각 주제는 단어들에 대한 확률분포로 특징지어진다는 것이다(Blei *et al.*, 2003).

이런 접근법은 분석 대상 문서에 대한 사전 정보나 정성적 판단이 필요 없이, 알고리즘을 통해 문서에서 자동으로 주제를 추출하는 데 이용된다(Tong and Zhang, 2016; Jelodar *et al.*, 2019). 따라서 대규모로 추출된 문서들을 사람이 수작업으로 분류하거나 직접 읽어보지 않고도 전반적인 데이터의 구조를 분석할 수 있다. 이는 문헌정보학(Park and Song, 2013), 정보과학(Kim and Park, 2015), 인공지능학(Priva and Austerweil, 2015), 기술경영(Lee and Kang, 2018) 등 다양한 기술 도메인의 세부 주제를 탐색하는 데 활용되어 왔다(Lee and Lee, 2019).

전처리 및 정제가 완료된 특허의 텍스트 데이터를 대상으로 LDA 토픽 모델링을 수행하였다. LDA 토픽 모델링은 분석 대

상 문서를 구성하는 각 단어들 이 특정 주제에 대한 확률 분포를 가진다고 가정한다. 이 분포에 따라 각 문서는 특정 주제들이 혼합되어 있고, 특정 주제에 대한 단어들 이 각 문서를 구성하게 된다. 먼저, LDA는 사전에 문서에 대한 주제의 수를 지정해야 한다. 그런 다음 각 문서에서 각 주제의 존재 확률을 추정하고, 동시에 각 주제에서 각 단어가 생성될 확률을 추정한다. 이 과정은 반복적으로 수행되며, 결국 각 문서가 어떤 주제들을 포함하는지, 그리고 각 주제는 어떤 단어들로 이루어져 있는지를 알 수 있다. <Figure 3>은 LDA 토픽 모델링의 문서 생성 과정을 나타낸 것이다. N은 문서의 단어 수, D는 전체 문서 수, K는 사전에 선택한 토픽 수를 의미한다.  $w_{d,i}$ 는 d번째 문서의 i번째 단어이고  $z_{d,i}$ 는 할당된 토픽을 의미한다.  $\theta_d$ 는 d번째 문서의 토픽 비율이고  $\phi_k$ 는 k번째 단어 분포이다. 이때,  $\theta_d$ 와  $\phi_k$ 는 Dirichlet 분포를 따르는 값이므로 Dirichlet 확률 분포의 하이퍼 파라미터  $\alpha$ 와  $\beta$ 를 통해 Dirichlet 분포에 기반한 확률로  $\theta_d$ 에 의해 단어별 토픽 할당이 결정되며, 단어의 토픽을 나타내는  $z_{d,i}$  값과 토픽별 단어 분포를 나타내는  $\phi_k$  값에 의해 단어  $w_{d,i}$ 가 결정된다(Blei et al., 2003; Lee and Lee, 2019).

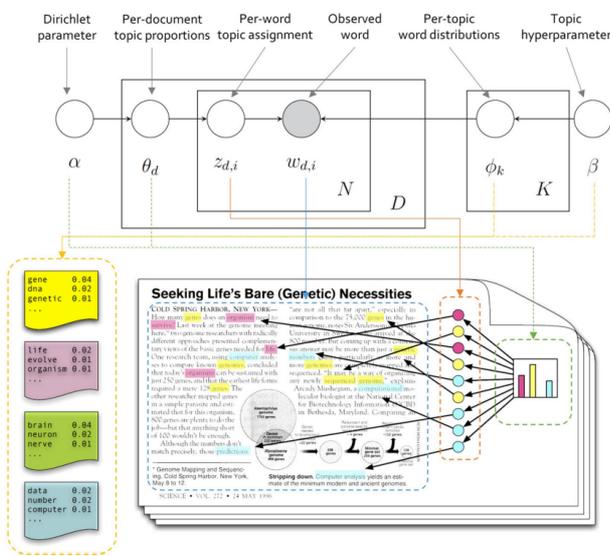


Figure 3. LDA Graphical Model (Lee and Lee, 2019; Blei et al., 2003)

본 연구에서는 수집 후 전처리 및 정제된 특허 데이터의 LDA 토픽 모델링을 위해 Python 라이브러리인 gensim을 수정하여 활용하였다(Řehůřek and Sojka, 2010). 문서에서 주제의 수 즉, LDA 토픽 모델링에서 토픽의 수 K를 결정함에 있어 Coherence와 Perplexity 같은 정량적 지표를 활용할 수 있다. 그러나 Coherence는 모델링 결과에 대해 주제의 일관성 및 응집성을 측정하는 지표이고 Perplexity는 모델링 관점에서 학습이 얼마나 잘 되었는가를 평가하는 지표일 뿐, 해석의 용이성을 담보하지는 않는다. 이 때문에 토픽의 해석이 중요한 연구들에서는 도메인 전문가들이 가장 적절한 토픽의 개수를 정성적

으로 판단하는 것이 권장된다(Andrzejewski et al., 2007; Lee and Lee, 2019). 따라서, 토픽 개수를 5, 10, 15, 20, 25, 30로 다르게 적용하여 추출한 결과, 본 논문에서는 토픽 개수가 20개 일 때 설명력이 가장 우수하다고 판단하였다.

추출된 20개의 토픽에 대해 각 토픽에서 높은 비중을 차지하고 있는 10개 키워드(단어)들을 중심으로 <Table 1>의 선행 연구 결과를 참조하여 토픽명을 정의하였으며, 키워드만으로 토픽명을 도출하기 어려운 경우 관련된 특허의 제목(title) 및 초록(abstract)을 참조하여 정의하였다. 또한, 메타버스와 같은 새로운 서비스의 경우 기업들이 시장 경쟁력 확보의 원천으로 특허를 보유하려는 노력을 기울이는 것(Kim and Kim, 2014)을 고려하여 특허 출원인(기업)(assignee)의 비즈니스 도메인도 참조하여 토픽명 정의의 정확성을 높이고자 하였다.

### 3. 메타버스 기술 구조 분석

<Figure 4>는 메타버스 특허의 연도별 등록 건수의 추이를 나타낸다. 2013년 이후 지속적으로 증가 추세를 나타내고 있으며, 특히 최근 5년간 등록 특허 수에 급격한 증가를 보여 기업들의 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있음을 보여준다.

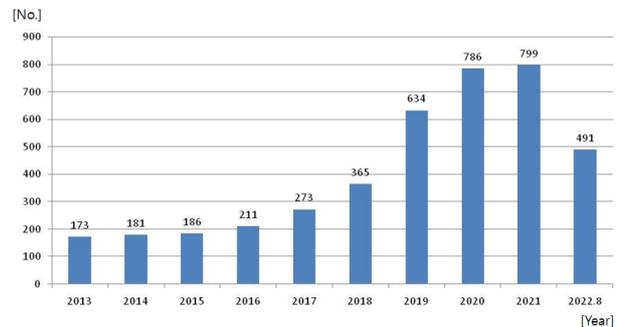


Figure 4. Number of Patents by Year (4,099 patents in total)

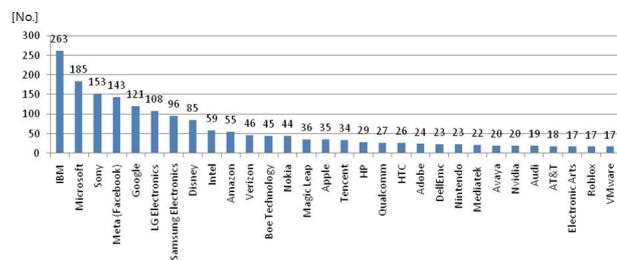


Figure 5. Top 30 Registration Companies (1,810 patents in total)

<Figure 5>는 특허 등록 상위 30대 주요 기업을 나타낸다. 부품, 디바이스, 자동차, 플랫폼, 솔루션, 통신, 미디어 등 다양한 업종의 기업들이 포함되어 있으며, 특히 Microsoft, Meta, Google, Tencent, Apple, Nintendo 및 Roblox 등 플랫폼 서비스 기업들이 다수 포함되어 있다. 이는 메타버스 서비스가 3D 구

현 기술과 범용 기술의 복합 적용을 통해 기존 서비스/제품에 실감형 경험을 제공하는 새로운 유형(시간/공간 초월)의 플랫폼 서비스임을 나타낸다(Neal Stephensen, 1992; ASF, 2007; Lee, 2021; Shi *et al.*, 2022).

LDA 모델링을 통해 도출된 20개 토픽의 토픽명과 각 토픽의 비중을 나타내면 <Table 2>와 같다. 토픽명은 도출된 토픽의 주요 10개 단어와 특허 문서(제목, 초록, 출원인/기업)를 참고하여 정의하였으며 이때 사용된 주요 10개 단어를 분석결과에 포함시켰다. 도출된 토픽은 부품, 디바이스, 요소 기술, 서비스 및 어플리케이션 등 다양한 영역의 기술 항목을 포괄하고 있으며, 특히 [T4] Image Processing, [T6] 3D Modeling, [T10] Object Processing, [T15] 3D Rendering, [T18] Image Acquisition 등 3D 실감형 경험 구현을 위한 기술과 [T1] Visual Sensor, [T3] Wearable Device, [T9] HMD, [T13] Interactive Interface, [T14] Wireless Interface, [T16] Motion Sensor, [T17] Device Control 등 웨어러블 디바이스 및 HMD(Head-Mounted Device) 관련 토픽이 다수 포함되었다.

가장 비중이 높은 토픽들은 [T8] Avatar Service(9.9%), [T9] HMD(8.8%), [T14] Wireless Interface(8.4%), [T12] Virtual Platform(5.9%) 및 [T4] Image Processing [5.6%] 등으로 메타버

스 가상 세계 서비스 구현을 위한 핵심 요소들이 포함되었다(Lee *et al.*, 2021). 가장 비중이 낮은 토픽들로는 [T2] Event Processing(2.2%), [T7] Avatar Interaction(2.9%), [T16] Motion sensor (3.1%), [T6] 3D modeling (3.2%), [T18] Image acquisition (3.5%) 등이 포함되었다.

<Table 3>은 개별 토픽들을 기술 그룹(Technology Group)으로 그룹핑하여 기술 계층을 도출하는 과정을 나타내었다. 메타버스 서비스는 다수의 기술 그룹을 포함하고 있으나(Shi *et al.*, 2022; Schmitt, 2022; Lee *et al.*, 2021; Cheng *et al.*, 2022; Park *et al.*, 2021; Matthew Ball, 2021; John Radoff, 2021), 본 연구에서 도출된 20개의 토픽이 속한 기술 그룹으로 <Table 3>에서와 같이 14개 도출되었으며 기술 그룹들이 가지는 공통된 기능을 이용하여 4개의 기술 계층을 도출하였다. 메타버스 서비스 특성을 나타내는 실감 경험 구현 소프트웨어 계층인 Platform Software(28.9%)와 인간 중심의 인터페이스를 제공하는 계층인 Device/Interface(39.3%) 분야의 비중이 높았으며, 범용 기술인 Infrastructure 계층은 상대적으로 비중(9.4%)이 가장 낮게 나타났다.

<Figure 6>은 앞서 도출된 기능 그룹과 계층을 이용하여 메타버스 기술 프레임워크를 개발한 것으로 Application Service,

**Table 2.** Results of Topic Derivation and Weight Analysis

Topic Name	Frequent Words	Weight(%)
[1] Visual Sensor	Light, optical, convert, surface, lens, beam, filter, emit, configure, pair	5.2
[2] Event Processing	Event, simulation, memory, command, register, assign, server, transmit, simulate, management	2.2
[3] Wearable Device	Motion, signal, sensor, electronic, sound, switch, circuit, wearable, node, human	5.5
[4] Image Processing	Image, map, camera, obtain, apparatus, environment, overlay, panoramic, robotic, collection	5.6
[5] Virtual World Game	Video, pixel, effect, block, online, playback, game, multimedia, client, digital	4.7
[6] 3D Modeling	Augmented, use, mixed, projection, drive, recognition, texture, active, calculate, surface	3.2
[7] Avatar Interaction	Avatar, audio, operation, apparatus, simulated, communicate, person, user, space, embodiment	2.9
[8] Avatar Service	User, interface, identity, associate, environment, gesture, graphical, embodiment, property, invention	9.9
[9] HMD	Head, mount, track, sensor, wear, glass, tracking, front, simulator, movement	8.8
[10] Object Processing	Object, engine, space, far, visualization, environment, vector, calculate, match, move	4.8
[11] Virtualization	Machine, web, storage, request, run, agent, virtualization, send, operable, host	3.8
[12] Virtualization Platform	Server, environment, service, client, asset, host, virtualized, software, platform, connection	5.9
[13] Interactive Interface	Interactive, interface, product, digital, material, store, experience, touch, operation, metadata	4.4
[14] Wireless Interface	Processor, frame, memory, connect, wireless, controller, sensor, interface, configure, transmit	8.4
[15] 3D Rendering	Graphic, rendering, resolution, behavior, scene, viewpoint, buffer, adaptive, rendered, decode	3.7
[16] Motion Sensor	Movement, haptic, body, controller, direction, apparatus, part, threshold, force, value	3.1
[17] Device Control	Module, force, actuator, terminal, robot, artificial, recognize, power, autonomous, Synchronize	3.9
[18] Image Acquisition	Camera, screen, viewer, mobile, headset, locate, angle, lens, distance, plane	3.5
[19] Virtual Machine	Environment, physical, VM, management, state, request, configure, hypervisor, obtain, dynamically	5.6
[20] Virtual World Service	Environment, physical, VM, management, state, request, configure, hypervisor, obtain, dynamically	5.1

Table 3. Mapping Topics to Technology Group and Layer

Topic Name	Mapping	Technology Group	Tech. Layer
[1] Visual Sensor	●	● Contents ● Service ● Asset/Market/Currency	Application Service (Weight 22.5%)
[2] Event Processing			
[3] Wearable Device			
[4] Image Processing			
[5] Virtual World Game	●	● Virtual Platform ● 3D engine ● AR/VR/XR ● User Interfaces	Platform Software (Weight 28.9%)
[6] 3D Modeling			
[7] Avatar Interaction			
[8] Avatar Service			
[9] HMD	●	● Wearable Devices ● Mobile Devices ● HMD ● Hardware Components	Device/ Interface (Weight 39.3%)
[10] Object Processing			
[11] Virtualization			
[12] Virtualization Platform			
[13] Interactive Interface	●	● Compute, (Edge)Cloud ● 5G, 6G ● Network	Infrastructure (Weight 9.4%)
[14] Wireless Interface			
[15] 3D Rendering			
[16] Motion Sensor			
[17] Device Control	●		
[18] Image Acquisition			
[19] Virtual Machine			
[20] Virtual World Service	●		

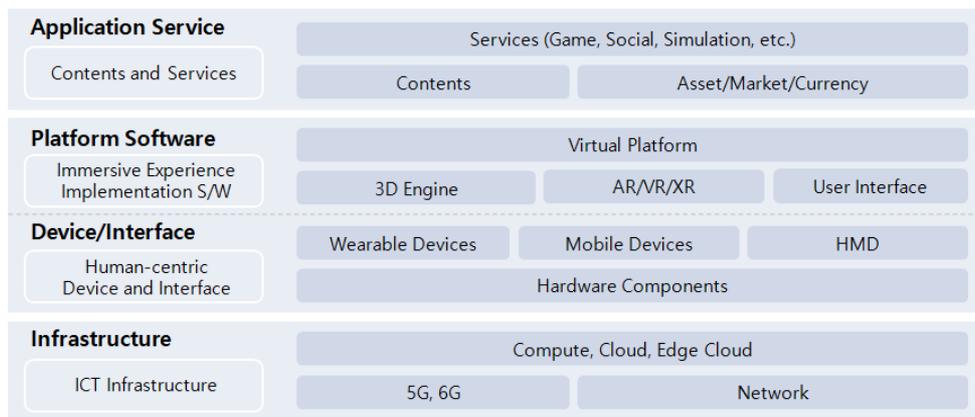


Figure 6. Metaverse Technology Framework and 14 Groups

Platform Software, Device/Interface 및 Infrastructure의 4개 계층 구조와 계층별 기술 그룹 총 14개로 구성되어 있다.

Application Service 계층은 콘텐츠와 가상 세계에서의 경제 활동을 위한 자산/시장/화폐 및 Game, Social 등의 다양한 서비스를 제공하는 영역이며, Platform Software 계층은 실감 경험을 구현하는 소프트웨어들로써 3D Engine, AR/VR/XR, User Interface 및 Virtual Platform이 포함되어 있다. Device/Interface 계층은 인간 중심(Human-centric) 디바이스 및 이를 이용하는 사용자와의 인터페이스 기능을 제공하는 영역으로 Wearable

Devices, Mobile Devices 및 HMD와 Hardware Components로 구성되어 있다. 마지막으로 Infrastructure 계층은 메타버스 가상 세계 서비스가 제공되는 기반 ICT 인프라 영역으로 Compute, Cloud, Edge Cloud 등의 컴퓨팅 자원과 5G, 6G의 무선/이동통신 기술 및 Network 기술 그룹이 포함되어 있다. 즉, 메타버스는 서비스는 14개 기술 그룹들이 4계층 프레임워크 구조로 상호 작용을 통해 제공되는 실감형 경험 서비스로 본 연구에서는 선행 연구의 한계점인 연구자의 주관적 주장에 따른 나열식의 기술 구조 및 프레임워크가 아닌 특허 데이터를

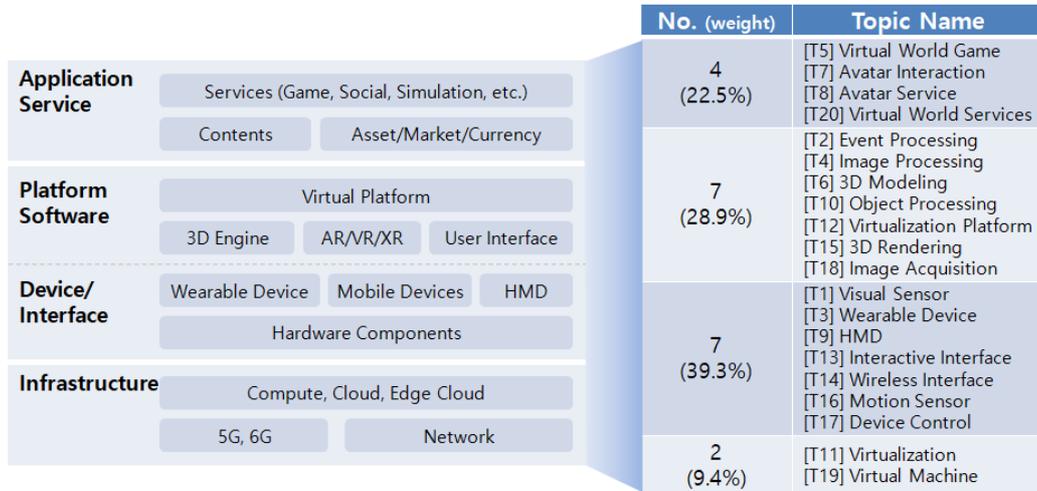


Figure 7. Metaverse Topics by Technology Framework

이용하여 LDA 모델링을 통해 객관적이고 체계적인 기술 구조 및 프레임워크를 실증 개발한 것에 의미가 있다.

<Figure 7>은 앞서 LDA 모델링을 통해 도출된 20개의 토픽들을 메타버스 프레임워크의 각 계층에 매핑한 것으로 프레임워크 계층별 요소 기술을 나타낸다.

#### 4. 메타버스 기술 경쟁력 분석

기업은 시장 경쟁에서 우위를 점유하기 위해 기술 경쟁력을 확보해야 하며, 특허 등 지적 재산의 확보와 활용은 경쟁 우위를 위한 기업의 경영 전략 및 기술 혁신 전략과 깊은 관련을 가지고 있다(Kim and Kim, 2014). 따라서, 각 기업이 보유한 특허를 분석함으로써 기업의 기술 경쟁력을 파악할 수 있다(Lee and Lee, 2019).

<Figure 8>은 기술 경쟁력 분석을 위한 대상 기업 선정 결과이다. 메타버스 서비스의 특성을 고려하여 특허 등록 상위 10

대 기업과 다양한 업종의 기업 10개를 포함하여 총 20개 기업을 선정하여 기술 역량 분석을 진행하였다.

선정된 20개 기업에 대해 본 연구에서 개발된 메타버스 프레임워크의 계층/토픽별 보유 특허를 나타내면 <Table 4>와 같다. 토픽별 많은 특허를 등록한 기업들을 분야별 우수기업(①)으로 평가할 수 있으며, 개별 기업에 대해 많은 특허를 등록한 토픽들을 기업별 기술 강점 분야(②)로 평가할 수 있고 두가지 항목을 기반으로 기업의 기술 경쟁력을 분석할 수 있다.

기업별 보유 특허를 대상으로 프레임워크 계층별로 분류하여 기술 영역에 대한 우수 기업 변화를 살펴보면 <Table 5>와 같다. 과거 5년은 IBM, Microsoft 및 Sony가 모든 분야에서 공통된 선두 그룹을 형성하였으나, 메타버스가 이슈화된 최근 5년은 분야별 전문 기업들이 선두 그룹을 차지하고 있다. 이러한 변화는 메타버스가 이슈화 되기 이전에는 빅테크 기업 중심으로 신기술에 대한 폭넓은 선행연구가 진행되었으며 최근 메타버스 서비스가 활발하게 도입됨에 따라 서비스 구현을 위한 세부 기술에 대해 분야별 전문 기업들의 연구가 활발하게

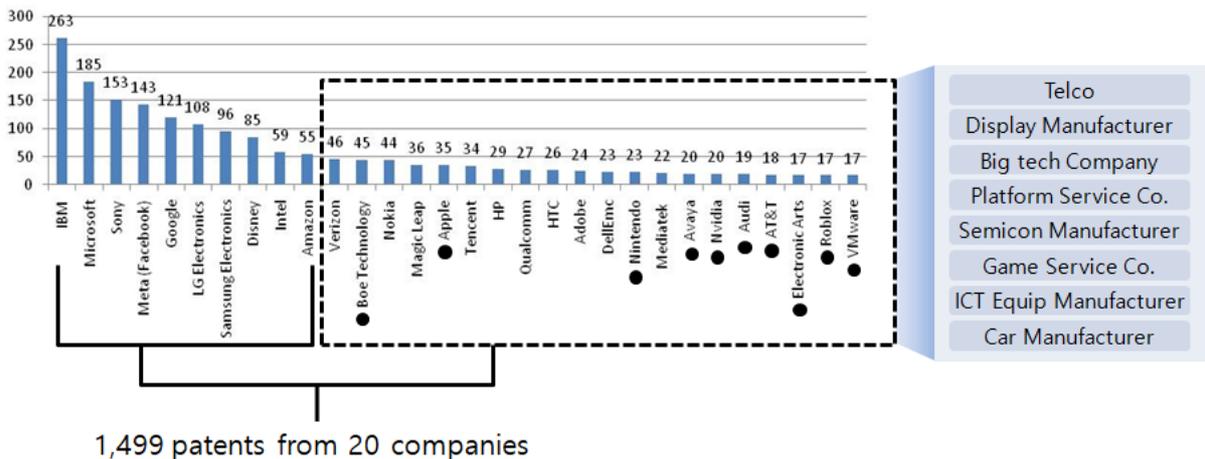


Figure 8. Selection of Companies for Analyzing Technology Capabilities

**Table 4.** Number of Patents by Topic

Company	Application Service				Platform Software								Device/Interface						Infra	
	[5]	[7]	[8]	[20]	[2]	[4]	[6]	[10]	[12]	[15]	[18]	[1]	[3]	[9]	[13]	[14]	[16]	[17]	[11]	[19]
IBM	3	41	35	15	12	4	2	16	25	7	3	1	9	5	17	14	5	4	23	22
Microsoft	10	1	23	5	0	7	3	16	9	4	2	7	13	26	10	12	7	1	15	14
Sony	11	2	5	10	2	14	0	4	6	6	1	6	9	37	7	11	6	7	1	8
Meta	3	1	22	4	0	8	3	6	1	3	14	30	2	28	1	7	5	1	0	4
Google	3	1	12	5	1	5	1	12	6	11	5	10	5	18	3	9	5	0	0	9
LG Elec.	0	1	1	3	0	1	0	0	1	1	3	3	1	3	0	6	0	84	0	0
Samsung Elec.	2	1	4	4	3	9	3	3	3	4	6	6	6	5	1	25	7	1	1	2
Disney	3	4	13	13	3	5	5	2	6	2	7	3	1	5	3	2	0	1	5	
Intel	4	1	2	6	6	1	4	2	1	1	4	4	7	0	9	2	0	0	4	
Amazon	5	1	7	1	5	1	2	9	7	0	0	2	1	1	2	1	0	4	4	
Boe Tech.	2	0	0	1	10	2	0	0	1	3	15	6	3	0	0	0	2	0	0	
Apple	0	0	4	1	4	0	2	0	1	1	2	5	6	1	3	1	0	0	3	
Nintendo	1	0	0	0	2	3	0	7	0	0	0	1	1	0	1	2	4	0	0	1
Avaya	0	2	5	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	6	2
Nvidia	1	1	0	2	0	2	1	0	1	1	1	2	1	5	0	1	0	0	0	1
Audi	0	1	1	1	0	0	0	2	0	0	0	2	1	9	0	1	0	0	0	1
AT&T	0	2	4	1	0	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	3	0	0	1	3
Elec. Arts	11	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0
Roblox	2	1	1	0	1	0	0	3	5	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1
VMware	0	0	0	0	1	0	0	8	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2

진행되고 있음을 나타낸다. 또한, 메타버스 서비스 특성을 나타내는 Platform S/W 및 Device/Interface 영역이 다른 영역보다 최근 5년간 선두 기업들의 순위 변화가 많이 나타났으며 특히, Meta, LG Elec., Google 및 Samsung Elec.이 특허 등록을 주도하고 있음을 알 수 있다.

추가적으로 Infrastructure 분야는 메타버스 서비스를 위한 기반 인프라로서 최근 클라우드 서비스가 확대되는 추세를 반영하여 클라우드 선두기업인 Microsoft, Google 및 Amazon이 특허 등록을 활발하게 진행하고 있으며, Microsoft와 Sony는 프레임워크 전체 계층의 기술에 대해 과거부터 현재까지 특허 등록을 지속하고 있음을 알 수 있다. 국내 기업 중에는 LG Elec.과

Samsung Elec.이 Device/Interface 분야에서 최근 많은 특허를 등록함에 따라 최근 5년 동안 과거보다 더욱 활발한 연구개발을 진행하고 있음을 알 수 있다.

<Table 6>는 특허 등록 상위 10대 기업의 기술 강점 분야 및 토픽을 나타내며, <Table 7>은 업종별 주요 기업들의 기술 강점 분야 및 토픽을 나타낸다. 특허 등록 상위 기업들의 경우에는 Device/Interface 분야와 Platform S/W 또는 Application Service 분야의 토픽들에 기술 강점을 보유하고 있으며, 업종 대표 기업들은 특허 등록 상위 기업과는 달리 공통된 강점 분야가 없이, 개별 기업이 속해 있는 특정 업종 분야 및 토픽에 특허 등록을 집중함으로써 해당 분야에 강점을 보유한 것으로 나타났다.

**Table 5.** Leading Companies by Framework Layer and Changes by Period

Layer	Leading Companies (Ranking by Registered Patents)	
	1st Period ('13.1/1 ~ '17.12/31)	2nd Period ('18.1/1~ '22.8/31)
Application Service	IBM>Microsoft>Disney>Avaya>Sony	IBM>Meta>Microsoft>Sony>Disney
Platform Software	IBM>Microsoft>Sony>Disney>Nintendo	Google>Meta>Microsoft>Sony>Samsung Elec.
Device/Interface	IBM>Microsoft>Sony>Nintendo>Meta	LG Elec.>Sony>Meta>Microsoft>Samsung Elec.
Infrastructure	IBM>Microsoft>Avaya>Sony>Amazon	IBM>Microsoft>Google>Sony>Amazon

**Table 6.** Technological Strengths by Company - ① Top 10 Companies

Company	Layer of Strength	Topic of Strength (Top 3)
IBM	Application Service	[7] Avatar Interaction, [8] Avatar Service
	Platform Software	[12] Virtualization Platform
Microsoft	Device/Interface	[9] HMD
	Application Service	[8] Avatar Service
	Platform Software	[10] Object Processing
Sony	Device/Interface	[9] HMD, [14] Wireless Interface
	Platform Software	[4] Image Processing
	Application Service	[5] Virtual World Game
Meta	Device/Interface	[1] Visual Sensor, [9] HMD
	Application Service	[8] Avatar Service
Google	Device/Interface	[9] HMD
	Platform Software	[10] Object Processing
	Application Service	[8] Avatar Service
LG Elec.	Device/Interface	[17] Device Control, [14] Wireless Interface
Samsung Elec.	Device/Interface	[14] Wireless Interface, [16] Motion Sensor
	Platform Software	[4] Image Processing
Disney	Application Service	[8] Avatar Service, [20] Virtual World Service
	Platform Software	[1] Visual Sensor
Intel	Device/Interface	[14] Wireless Interface, [9] HMD
	Platform Software	[4] Image Processing
Amazon	Platform Software	[12] Virtualization Platform, [15] 3D Rendering
	Application Service	[8] Avatar Service

**Table 7.** Technological Strengths by Company - ② Business Domain Leaders

Company	Layer of Strength	Topic of Strength (Top 3)
Boe Technology	Device/Interface	[1] Visual Sensor, [14] Wireless Interface
	Platform Software	[4] Image Processing
Apple	Device/Interface	[14] Wireless Interface, [9] HMD
	Platform Software	[4] Image Processing
Nintendo	Platform Software	[10] Object Processing, [4] Image Processing
	Device/Interface	[16] Motion Sensor
Avaya	Infrastructure	[11] Virtualization
	Application Service	[8] Avatar Service, [7] Avatar Interaction
Nvidia	Device/Interface	[9] HMD, [1] Visual Sensor
	Platform Software	[4] Image Processing
Audi	Device/Interface	[9] HMD, [1] Visual Sensor
	Application Service	[10] Object Processing
AT&T	Application Service	[8] Avatar Service
	Infrastructure	[19] Virtual Machine
	Device/Interface	[14] Wireless Interface
Electric Arts	Application Service	[5] Virtual World Game
Roblox	Platform Software	[12] Virtualization Platform, [10] Object Processing
	Application Service	[5] Virtual World Game
VMware	Platform Software	[12] Virtualization Platform, [15] 3D Rendering
	Infrastructure	[11] Virtualization, [19] Virtual Machine

## 5. 결론

메타버스 가상세계 서비스의 경우 사용자가 증가되고 관련 시장도 급성장하는 전망속에 관련 기업들의 연구가 활발하게 진행되고 있으며 이에 따른 특허 등록도 급격하게 증가되고 있다. 이에 따라, 향후 체계적인 연구를 위한 방향 설정 및 메타버스간 상호 연동을 위한 표준화 등에 대한 필요성 또한 증가되고 있는 상황이다.

본 연구에서는 미국 특허청에 등록된 특허 데이터를 활용하여 토픽 분석을 통해 메타버스 가상 세계(Virtual Worlds) 중심의 기술 구조 및 프레임워크를 개발하였으며 주요 기업들의 기술 경쟁력을 분석하였다. 이를 위해, 특허 4,099건을 수집 및 정제하고 LDA 토픽 모델링을 수행하여 20개 토픽을 도출하였다. 도출된 토픽을 그룹핑하여 기술 그룹을 분류하고 이를 기술 계층화하여 메타버스 기술 프레임워크를 개발하였으며, 이를 기반으로 기술 분야별 우수 기업분석과 기업별 기술 강점 분야를 분석함으로써 기업의 연구동향 및 기술 경쟁력을 파악하였다. 즉, 본 연구는 기존의 문헌 연구나 연구자의 주관적인 견해를 바탕으로 제시된 기술 프레임워크와 달리 특허 데이터 기반으로 객관적이고 보다 체계적인 메타버스 기술 프레임워크를 실증적으로 개발한 것에 의미가 있으며 본 연구에서 개발된 메타버스 기술 프레임워크는 관련 기업들이나 표준화 단체에서 향후 연구 개발 방향 설정 및 메타버스 상호 연동의 표준화에 활용될 수 있다.

마지막으로 본 연구는 향후 연구가 필요한 몇 가지 한계점도 지니고 있다. 우선, 기업의 등록 특허 수를 이용한 기술역량 분석은 다수의 연구를 통해 실효성은 인정되지만 연구의 추가적인 성과 향상을 위해서는 특허의 다양한 품질 지표들의 활용을 고려할 수 있다. 또한, 메타버스의 전반적인 기술 구조 및 프레임워크 개발을 위해서는 특허 데이터 활용이 적합하나 Platform 등 S/W 구성 기술에 대해서는 오픈소스 개발 생태계 플랫폼 (GitHub, GitLab, Bitbucket 등)의 데이터를 활용한 연구 또한 고려해볼 수 있다.

## 참고문헌

Acceleration Studies Foundation (ASF) (2007), Metaverse Roadmap, Pathways to the 3D Web.

Andrzejewski, D., Mulhern, A., Liblit, B., and Zhu, X. (2007), Statistical Debugging Using Latent Topic Models, *Proceedings of European Conference on Machine Learning*, 6-17.

Blei, D. M. (2012), Probabilistic topic models, *Communications of the ACM*, **55**(4), 77-84.

Blei, D. M., Ng, A. Y., and Jordan, M. I. (2003), Latent Dirichlet Allocation, *Journal of Machine Learning Research*, **3**(Jan), 993-1022.

Bongsun, K. and Eonsoo, K. (2014), The Relationship between Patent Characteristics and Its Value: An Empirical Study in the Context of a patent pool, *J. Strateg. Manag.*, **17**(3), 163-181.

Candice Mudrick (2021), Intro to the Metaverse, Newzoo Trend Report

2021.

Cheng, X., Zhang, S., Fu, S., Liu, W., Guan, C., Mou, J., ... and Huang, C. (2022), Exploring the metaverse in the digital economy: an overview and research framework, *Journal of Electronic Business & Digital Economics*, (ahead-of-print).

Cook, A. V., Bechtel, M., Anderson, S., Novak, D. R., Nodi, N., and Parekh, J. (2020), *The Spatial Web and Web 3.0: What business leaders should know about the next era of computing*, Deloitte Insights.

Davis, A., Murphy, J., Owens, D., Khazanchi, D., and Zigurs, I. (2009), Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses, *Journal of the Association for Information Systems*, **10**(2), 1.

Díaz, J., Saldaña, C., and Avila, C. (2020), Virtual world as a resource for hybrid education, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, **15**(15), 94-109.

Dionisio, J. D. N., Burns III, W. G., and Gilbert, R. (2013), 3D Virtual Worlds and the Metaverse: Current Status and Future Possibilities, *ACM Comput. Surv.*, **45**(3), Article 34 (June 2013).

Gartner (2023), How the Metaverse will change the real world [Online], Available: <http://www.gartner.com/en/articles/4-emerging-technologies-you-need-to-know-about>.

Hwang, G. J. and Chien, S. Y. (2022), Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective, *Computers and Education: Artificial Intelligence*, **3**, 100082.

Hwang, Y. (2021), Invitation to Metaverse: A discussion on the Need of a New Space for Future Education, *The Journal of Studies in Language*, **37**(3), 377-389.

Jelodar, H., Wang, Y., Yuan, C., Feng, X., Jiang, X., Li, Y., and Zhao, L. (2019), Latent Dirichlet allocation (LDA) and topic modeling: models, applications, a survey, *Multimedia Tools and Applications*, **78**, 15169-15211.

John Radoff (2021), Building the Metaverse [Online], Available: <http://medium.com/building-the-metaverse>.

Kang, Y. M. (2021), Metaverse framework and building block, *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, **25**(9), 1263-1266.

Kim, G. and Park, C. (2015), Analysis of English abstracts in Journal of the Korean Data & Information Science Society using topic models and social network analysis, *Journal of the Korean Data and Information Science Society*, **26**(1), 151-159.

Ko, S. Y., Chung, H. K., Kim, J. I., and Shin, Y. (2021), A study on the typology and advancement of cultural leisure-based metaverse, *KIPS Transactions on Software and Data Engineering*, **10**(8), 331-338.

Lee, H. and Kang, P. (2018), Identifying core topics in technology and innovation management studies: A topic model approach, *The Journal of Technology Transfer*, **43**(5), 1-27.

Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., ... and Hui, P. (2021), All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda, arXiv preprint arXiv:2110.05352.

Lee, S. K. (2021), Log in Metaverse: revolution of human× space× time. spri. kr.

Lee, W. and Lee, H. (2019), A Technology Landscape of Artificial Intelligence: Technological Structure and Firms' Competitive Advantages, *Journal of Korea Technology Innovation Society*, **22**(3), 340-361.

- Matthew Ball (2021), A Framework for the Metaverse [Online], Available: <http://www.matthewball.vc/the-metaverse>.
- Neal Stephenson (1992), *Snow Crash*, Bantam Books (US).
- Oh, J. H. (2021), A study on factors affecting the intention to use the metaverse by applying the extended technology acceptance model (ETAM): Focused on the virtual world metaverse, *The Journal of the Korea Contents Association*, **21**(10), 204-216.
- Park, J. H. and Song, M. (2013), A Study on the Research Trends in Library & Information Science in Korea using Topic Modeling, *Journal of the Korean Society for Information Management*, **30**(1), 7-32
- Park, S. M. and Kim, Y. G. (2022), A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges, *IEEE Access*, **10**, 4209-4251.
- Park, S. and Kang, Y. J. (2021), A Study on the intentions of early users of metaverse platforms using the Technology Acceptance Model, *Journal of Digital Convergence*, **19**(10), 275-285.
- Řehůřek, R. and Sojka, P. (2010), Software framework for topic modelling with large corpora.
- Priva, U. C. and Austerweil, J. L. (2015), Analyzing the history of Cognition using topic models, *Cognition*, **135**, 4-9.
- Schmitt, M. (2022), Metaverse: Bibliometric review, building blocks, and implications for business, government, and society, *Building Blocks, and Implications for Business, Government, and Society* (July 21, 2022).
- Seok, W. H. (2021), Analysis of metaverse business model and ecosystem, *Electronics and Telecommunications Trends*, **36**(4), 81-91.
- Shi, F., Ning, H., Zhang, X., Li, R., Tian, Q., Zhang, S., ... and Daneshmand, M. (2023), A new technology perspective of the Metaverse: Its essence, framework and challenges, *Digital Communications and Networks*.
- Suzuki, S., Kanematsu, H., Barry, D. M., Ogawa, N., Yajima, J., Nakahira, K. T., Shirai, T., Kawaguchi, M., Kobayashi, T., and Yoshitake, M. (2020), Virtual Experiments in Metaverse and their Application Collaborative Projects: The framework and its significance, *Procedia Computer Science*, **176**, 2125-2132.
- Tong, Z. and Zhang, H. (2016, May), A text mining research based on LDA topic modelling, In *International conference on computer science, engineering and information technology* (pp. 201-210).
- Van der Land, S., Schouten, A., and Feldberg, F. (2011), Modeling the metaverse: A theoretical model of effective team collaboration in 3D virtual environments, *Journal of Virtual Worlds Research*, **4**(3).
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T. H., and Shen, X. (2022), A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy, *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, **25**(1), 319-352.

## 저자소개

**백춘삼:** 한국항공대학교 항공전자공학과에서 학사학위 및 KAIST 전기/전자공학과에서 석사학위를 취득하였으며, 서울과학기술대학교 IT정책전문대학원 박사과정을 수료하였다. 현재 삼성SDS에 재직 중으로 관심 분야는 메타버스, 클라우드, 인공지능 및 기술혁신 등이다.

**최재명:** 서울과학기술대학교 데이터사이언스학과에서 석사학위를 취득하였으며, 현재 (주)오누이 개발팀에 재직 중이다. 관심 분야는 텍스트 분석, 네트워크 분석, 기술 예측 등이다.

**이학연:** 서울대학교 산업공학과에서 학사학위를 취득하였으며, 동 대학원에서 박사학위를 받았다. 현재 서울과학기술대학교 산업공학과 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 기술예측, 이노베이션 애널리틱스, 디지털 혁신 전략 등이다.