

ISSUE

데이터 기반 가상융합(XR) 기술 콘텐츠 글로벌 동향 분석

A Data-Driven Analysis of Global Trends in Extended Reality (XR) Technology Content

· **오보람** 소프트웨어정책연구소 가상융합연구실 연구원 | boram@spri.kr
· **최무이** 소프트웨어정책연구소 가상융합연구실 실장 | muyi@spri.kr

EXECUTIVE SUMMARY

가상융합(Extended Reality, XR) 산업이 공간컴퓨팅과 생성형 AI 융합 등 세부 기술 영역으로 빠르게 분화되고 있다. 제품 출시나 기업의 전략 발표 하나가 관련 기술 콘텐츠의 생산 구조를 단기간에 바꾸는 사례도 잦아졌다. 그러나 기업 실태조사와 특허·논문 분석은 조사 주기와 출원·게재 시차로 인해 이러한 단기 변화를 제때 포착하기 어렵다. 유튜브 콘텐츠 선도 채널은 전 세계 기술 전문가와 얼리어답터의 관심이 비교적 빠르게 드러나는 공간으로, 업로드 빈도와 시청자 참여 반응을 통해 기술 콘텐츠 동향을 보완적으로 관찰할 수 있는 데이터 원천이다.

본 연구는 정량적 내용 분석을 적용하여 유튜브 콘텐츠 선도 채널 20개의 5개년(2021~2025) 영상 5,711건을 9대 기술 카테고리로 분류·분석하였다. 콘텐츠 생산은 디바이스·플랫폼(5년 평균 69.0%)과 인터랙션·UX(13.3%) 두 카테고리에 집중되어 합산 82.3%를 차지하였고, 이러한 기기·플랫폼 중심 구조는 5년간 유지되었다.

카테고리 수준에서 생산 비중과 시청자 참여 강도는 같은 방향으로 움직이는 양(+)의 상관을 보였다 (Spearman ρ=+0.68, p=0.042). 다만 카테고리 내부의 조회수는 소수 영상에 극단적으로 집중되어, 참여 강도의 대푯값으로 평균 대신 중앙값을 사용하였다.

AI 확산은 독립 분야의 성장이 아니라 기존 콘텐츠 전반으로의 결합 형태로 나타났다. 'AI·XR 융합' 독립 카테고리의 생산 비중은 2021년 0.06%에서 2025년 1.2%에 그친 반면, 전체 영상의 AI 관련 용어 언급 비율은 같은 기간 2.6%에서 18.3%로 약 7배 증가하였다. 카테고리 단위 통계만으로는 포착되지 않는 변화이다. 이러한 확산은 채널 유형에 따라 시차를 두고 나타났다. 개발 생태계 채널의 AI 언급 비율은 2021년 11.5%에서 2025년 44.0%로 지속 증가한 반면, 전문 미디어는 2024년부터 본격적으로 상승하였다.

본 분석은 콘텐츠 선도 채널 생태계 내의 관찰에 한정되는 탐색적 시도에 해당하며, 분석 결과는 XR 기술 콘텐츠 글로벌 동향을 살펴보는 하나의 참고 신호 수준에서 활용될 수 있다. 특히 개발 생태계 채널에서 AI 관련 논의가 먼저 증가한 양상은 새로운 기술 의제의 조기 관찰 지점을 시사한다. 이러한 신호가 정기 실태조사·산업통계 등 기존 분석 자료와 함께 교차 검증되는 방식으로 활용될 때, 글로벌 XR 기술 콘텐츠의 변화 흐름을 다층적으로 이해하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

The Extended Reality (XR) industry is rapidly differentiating into specialized domains such as spatial computing and generative AI convergence. A single product launch or corporate announcement now frequently reshapes the structure of related technology content within a short period. Conventional instruments such as industry surveys, patent analysis, and bibliometric studies capture these shifts only after the fact, given their annual cycles and filing or publication lags. YouTube's leading technology channels, where the interests of global experts and early adopters surface relatively early, offer a complementary data source for observing such shifts through upload frequency and viewer engagement.

This study applied quantitative content analysis to 5,711 videos published between 2021 and 2025 by 20 leading YouTube technology channels, classifying them into nine technology categories. Content production was concentrated in two categories, device and platform (69.0% on a five-year average) and interaction and UX (13.3%), together accounting for 82.3%; this device-centered structure persisted across the five years. At the category level, production share and viewer engagement moved in the same direction (Spearman rho = +0.68, p = 0.042). Within categories, however, views were heavily concentrated in a small number of videos, so the median rather than the mean was used as the measure of engagement.

AI diffusion took the form of combination with existing content rather than growth as a separate field. The production share of the AI-XR convergence category itself rose only from 0.06% in 2021 to 1.2% in 2025, whereas the share of videos explicitly mentioning AI-related terms rose from 2.6% to 18.3% over the same period, an approximately sevenfold increase. This is a change that category-level statistics alone do not capture. The diffusion also proceeded with a lag across channel types: developer-ecosystem channels rose steadily from 11.5% in 2021 to 44.0% in 2025, while specialist media began to rise markedly only in 2024.

This analysis is an exploratory attempt confined to observation within the ecosystem of leading content channels, and its results can be used as one reference signal for examining global trends in XR technology content. In particular, the earlier rise of AI-related discussion in developer-ecosystem channels suggests an early observation point for emerging technology agendas. When such signals are cross-validated against existing sources such as periodic industry surveys and industrial statistics, they can contribute to a multi-layered understanding of how global XR technology content is changing.

Ⅰ 연구 개요

1. 연구 배경 및 필요성

○ XR 기술 환경 진화에 따른 새로운 관찰 방법의 필요

- **(기술 분화와 콘텐츠 생태계의 변화)** 가상융합(XR, 메타버스) 산업은 2021년 메타버스 확산기의 기대, 2022~2023년 조정기를 거쳐 공간컴퓨팅·생성형 AI 융합 등 세부 기술 영역으로 빠르게 분화 중
  - 특히 제품 출시나 기술 기업의 전략 발표 하나가 관련 기술 콘텐츠의 생산 구조를 단기간에 바꾸는 사례가 빈번해지는 추세
  - 이에 기술 콘텐츠가 어떻게 재편되는지에 대한 변화의 방향과 속도를 적시에 포착할 필요성이 커지는 시점
  - (기존 지표의 시차) 기술 트렌드 관측은 실태조사·특허 분석·논문 계량 분석 등으로 발전해 왔으나, 조사 주기(연 단위)와 출원·게재 시차로 인해 후행지표에 가까워 위와 같은 단기·전환적 변화를 즉시 포착하기 어려움

○ 정량적 콘텐츠 데이터를 통한 보완적 탐색

- **(콘텐츠 분석 방법 확장)** 최근에는 유튜브·소셜미디어 등 디지털 플랫폼의 콘텐츠 데이터를 정량적으로 분류·분석하여 기술 관심 동향을 탐색하는 시도가 확대
  - 특히 '메타버스'라는 개념이 공간컴퓨팅·생성형 AI 융합 등 세부 기술 영역으로 분화·진화하면서 기존의 산업 분류 체계만으로는 이러한 변화를 규명하기 어려운 상황
  - 정량적 내용 분석(Quantitative Content Analysis) 방법론 (Krippendorff, 2018)[1]은 이러한 탐색적 분석의 방법론적 기반으로 활용 가능

1 Krippendorff, K. (2018). Content Analysis: An Introduction to Its Methodology (4th ed.). SAGE.

- **(콘텐츠 데이터의 부상)** 전 세계 기술 전문가·개발자·얼리어답터가 집중된 유튜브 콘텐츠 선도 채널은 기술적 관심과 시장 기대가 비교적 빠르게 표출되는 공간으로 여겨짐
  - 영상 업로드 빈도·카테고리별 조회수·AI 관련 언급 비율 등의 정량 지표는 기술 콘텐츠 동향을 보완적으로 관찰하는 참고 근거로 활용 가능
  - 이용과 충족 이론(Katz et al., 1974)[2]에 따르면 수용자는 자신의 필요에 따라 능동적으로 콘텐츠를 선택하는 경향이 있으며, 조회수는 시청자가 해당 기술 주제에 반응한 정도를 간접적으로 반영하는 지표로 해석 가능

○ 선행연구 검토 및 본 연구의 차별성

- XR 및 메타버스 기술 동향에 관한 기존 연구는 주로 특허·논문, 기술 뉴스 및 소셜미디어 데이터를 활용하여 기술개발 구조와 연구주제, 대중의 인식 변화를 분석해 왔음
  - Wang(2025)[3]은 메타버스 몰입형 기술 관련 특허를 의미 기반 텍스트 분석과 특허 분류 정보로 군집화하여 기술적 기회와 성숙도를 분석하였으며, Aiolfi와 Luceri(2024)[4]는 Web of Science에 수록된 메타버스 관련 문헌을 계량서지학적으로 분석하여 주요 연구주제와 연구구조를 제시
  - Chang과 Zhang(2024)[5]은 기술 뉴스에 대한 토픽모델링과 동시출현어 분석을 통해 메타버스 산업의 주요 담론을 도출하였으며, Lampropoulos et al.(2022)[6]은 AR·VR 관련 소셜미디어 게시물을 활용하여 이용자의 인식과 감성 및 주요 논의 주제를 분석
  - 한편 Feng과 Xie(2018)[7]는 유튜브에 게시된 AR 광고 캠페인 영상의 콘텐츠 특성을 분석하여 유튜브 영상을 XR 관련 이용자 반응을 살펴볼 수 있는 데이터 원천으로 제시

2 Katz, E., Blumler, J. G., & Gurevitch, M. (1974). Utilization of mass communication by the individual. The Uses of Mass Communications, 19-32.; Haridakis, P., & Hanson, G. (2009). Social interaction and co-viewing with YouTube: Blending mass communication reception and social connection. Journal of Broadcasting & Electronic Media, 53(2), 317-335.

3 Wang, J. (2025). Exploring technological landscape to uncover technological opportunities for immersive technologies in the Metaverse using patent data. Scientometrics, 130, 3505-3536.

4 Aiolfi, S., & Luceri, B. (2024). See you on the Metaverse: A bibliometric expedition through the Metaverse landscape. Technological Forecasting and Social Change, 207, 123605.

5 Chang, A.-C., & Zhang, X. (2024). Mapping metaverse industrial architecture using LDA and bibliometrics based on technology news framing. Asia Pacific Management Review, 29(4), 369-383.

6 Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and virtual reality in education: Public perspectives, sentiments, attitudes, and discourses. Education Sciences, 12(11), 798.

7 Feng, Y., & Xie, Q. (2018). Measuring the content characteristics of videos featuring augmented reality advertising campaigns. Journal of Research in Interactive Marketing, 12(4), 489-508.

[표 1] 선행연구 목록

연구 유형	주요 선행연구	데이터·분석 방법	기존 연구의 범위와 한계
특허 기반 기술 동향	Wang (2025)	메타버스 몰입형 기술 특허를 의미 기반 텍스트 분석과 특허 분류 정보로 군집화하여 기술 기회와 성숙도 분석	기술개발과 특허 활동을 파악하는 데 유용하지만 출원·공개에 시차가 있고, 콘텐츠 생산이나 이용자 반응은 포착하기 어려움
논문 계량 분석	Aiolfi & Luceri (2024)	Web of Science의 메타버스 관련 문헌 284건을 계량서지학적으로 분석하여 주요 연구주제와 연구구조 파악	학술연구의 축적과 주제 변화를 보여주지만, 논문 출판·인용에 시차가 있으며, 산업 현장의 단기적인 관심 변화와는 차이가 있음
기술 뉴스 분석	Chang & Zhang (2024)	2020~2023년 TechCrunch 메타버스 뉴스를 LDA 토픽모델링과 동시출현어 네트워크로 분석	비교적 신속한 기술 담론 관찰이 가능하지만, 단일 매체의 편집 방향과 뉴스 프레이밍에 영향을 받음
소셜미디어 분석	Lampropoulos et al. (2022)	2010~2020년 AR·VR 관련 트윗 약 1,728만 건을 감성분석·텍스트마이닝·토픽모델링으로 분석	대규모 이용자 담론을 신속하게 파악할 수 있지만, 특정 플랫폼 이용자와 게시물 중심이므로 산업·기술 전체를 대표하지 않음
메타버스 SNS 담론 분석	Gündüz & Demirel (2023)	2021년 메타버스 관련 트윗 200만 건을 감성·텍스트·네트워크 분석	대중의 인식과 연관 주제 파악에 적합하지만, 콘텐츠 생산자의 기술 의제나 장기적인 시청자 참여를 설명하기는 어려움
유튜브 XR 콘텐츠 분석	Feng & Xie (2018)	유튜브에 게시된 AR 광고 캠페인 영상의 콘텐츠 특성을 분석하고 측정 도구 개발	유튜브와 AR을 직접 다뤘지만 광고 캠페인이라는 특정 분야에 한정되며, XR 기술 전반의 시계열 동향은 분석하지 않음
유튜브 분석 방법론	Sherrill & Liddle (2023)	유튜브 영상 300건을 표본으로 콘텐츠 수집·분류 과정의 방법론적 문제 분석	유튜브 데이터 분석 방법을 제시하지만, 특정 기술 분야의 글로벌 동향을 실증적으로 분석한 연구는 아님

- 특허와 논문 기반 분석은 기술개발 및 학술연구의 축적 구조를 파악하는 데 유용하지만 출원·공개 및 출판·인용에 따른 시차가 있으며, 뉴스와 소셜미디어 분석은 비교적 신속한 담론 관찰이 가능하나 특정 매체의 편집 방향이나 플랫폼 이용자 특성의 영향을 받을 수 있음
  - 본 연구는 이러한 선행연구를 보완하여 글로벌 기술 콘텐츠 선도 채널 20개의 5개년 유튜브 영상 5,711건을 분석하고, 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도를 분리하여 기술 카테고리별 변화 흐름을 살펴봄
  - 또한 AI를 하나의 독립적인 기술 카테고리로만 파악하지 않고, **기존 XR 기술 콘텐츠 전반에 AI 관련 언급이 확산되는 양상을 별도로 측정**한다는 점에서 기존 동향 분석과 차별화
  - 다만 분석 대상은 유튜브 전체 콘텐츠의 대표 표본이 아닌 선도 채널을 의도적으로 선정한 표본으로, 분석 결과는 글로벌 XR 산업 전체보다 해당 콘텐츠 생태계에서 나타난 변화 신호로 해석할 필요가 있음

○ (관찰의 두 가지 초점) 위와 같은 환경에서 XR 기술 콘텐츠 동향을 파악하기 위해 서로 다른 두 관찰을 함께 수행함

①**(수직적 관찰-기술 관심의 구조와 시계열 재편)** 어떤 기술 주제의 콘텐츠가 생산·소비되며 그 구조가 5년간 어떻게 재편되는지 기술 카테고리별로 관찰

- 이때 콘텐츠 생산 비중(생산 측)과 시청자 참여 강도(참여 측)를 함께 산출하여, 생산이 집중되는 영역과 시청자의 관심 영역이 기술 분야 간 어떤 관계를 보이는지를 확인

②**(수평적 관찰-특정 기술의 횡단적 확산과 선도-후행 구조)** 기술 변화는 새로운 분야의 등장으로만 나타나지 않으며, 특정 기술이 기존의 모든 영역에 스며드는 방식으로도 진행

- 특히 생성형 AI는 하나의 독립 영역이라기보다 디바이스·인터랙션·콘텐츠 제작 등 기존 기술을 재구성하는 횡단적 기술의 성격을 지님
- 따라서 (i) AI 관련 언급이 기술 분야의 경계를 넘어 전체 콘텐츠에 얼마나 확산되는지, (ii) 그 확산이 어떤 집단에서 먼저 나타나고 어떤 집단이 뒤따르는지를 채널 유형별로 관찰
- 혁신 확산 이론(Rogers, 2003)에 따르면 새로운 기술 정보는 수용 특성이 다른 집단을 통해 순차적으로 확산되므로, 채널 유형 간 확산 시차는 조기 신호를 관찰하는 단서로 활용 가능

○ (탐색 방향) 이에 본 연구는 정량적 내용 분석 방법을 적용하여, XR 기술 콘텐츠의 생산·소비 구조(수직)와 그 위를 가로지르는 생성형 AI의 확산(수평)을 함께 관찰

2. 연구 목적

○ 본 연구는 유튜브 기술 콘텐츠 데이터를 활용하여 글로벌 XR 기술 콘텐츠 동향의 구조와 변화 흐름을 탐색하는 것을 목적으로 함

- **목적 1(구조):** XR 기술 콘텐츠 생산·소비 구조와 시계열 분석
  - 콘텐츠 선도 채널의 영상을 9대 기술 카테고리별로 분류하여, 콘텐츠 생산 비중의 집중 구조·5년간의 시계열 변화·채널 유형별 특성을 데이터 기반 관찰
  - 콘텐츠 생산 비중(생산 측)과 시청자 참여 강도(참여 측)를 함께 산출하여, 생산이 집중되는 기술 영역과 시청자의 관심이 향하는 영역이 카테고리 수준에서 어떤 관계를 보이는지 확인

- **목적 2(전환):** AI의 확산 진단
  - AI 기술이 하나의 독립 카테고리로 성장하는지, 아니면 기존 기술 콘텐츠 전반에 횡단적으로 침투·확산되는지를 구분하여 관찰
  - 카테고리 분류와 독립적으로 AI 관련 언급의 확산 정도를 측정하고, 그 확산이 채널 유형별로 어떤 시차를 두고 나타나는지를 진단하여 XR 콘텐츠 지형의 변화 양상을 규명

분석 함의

- 기술 콘텐츠 데이터를 통해 XR 기술 콘텐츠의 동향, 특히 AI와의 융합을 정량적으로 진단하는 탐색적 시도에 해당
  - 아울러 정량적 콘텐츠 데이터가 기존 실태조사·특허·논문 분석 등 후행 지표를 보완하는 관찰 수단으로서 어떤 가능성과 한계를 갖는지도 함께 논의
  - 분석 결과는 콘텐츠 선도 채널 생태계 내의 관심 동향을 관찰한 하나의 참고 신호 수준이며, 산업 전체 현황이나 시장 수요의 직접적 반영으로 보기보다 다양한 분석 자료와 함께 종합적으로 검토될 필요가 있음

3. 연구 범위

분석 대상: 4대 유형의 20개 유튜브 채널

- **(선정 기준)** 특정 관점에 편향되지 않은 다층적 콘텐츠 수집을 위해 전문성·지속성·영향력의 3단계 검증 기준을 적용하여 채널 선정
  - (전문성) 단순 게임 플레이·가십성 콘텐츠를 배제하고, 하드웨어 스펙 분석·개발 프레임워크·산업 로드맵 등 기술 심층 정보를 다루는 채널에 한정
  - (지속성) 2021년 XR 산업 확산기부터 2025년까지 단절 없는 업로드 활동을 유지하여 시계열 추적이 가능한 채널
    * 단, Apple Developer의 경우 Vision Pro 출시(2024.02.)를 기점으로 XR 전문 콘텐츠가 본격화됨에 따라 해당 시점 이후 데이터를 유효한 범위로 포함
  - (영향력) 구독자 규모에 더하여 해당 채널이 업계 종사자 및 얼리어답터 집단의 기술 인식에 영향을 미치는 것으로 판단되는 채널 대상

• **(채널 구성)** 총 4개 유형, 20개 채널

[표 2] 채널 구성 목록

유형	채널명	특성
공식 플랫폼	Meta Quest VR, Apple Developer	기업 공식 기술 로드맵 및 제품 서사
개발 생태계	NVIDIA, Unity, Unreal Engine	제작 파이프라인·인프라 기술 정보
전문 미디어	Upload VR, AWEXR, Mixed Reality TV, CNET, Bloomberg Markets, WSJ	글로벌 산업 뉴스 및 객관적 트렌드 보도
테크 인플루언서	MKBHD, Nathie, ThrillSeeker VR, BMFVR, VoodooDE VR, Tyrielwood, CasandChary, SadlyItsBradley, Virtual Reality Oasis	대중적 기술 수용도 및 소비자 반응

- 채널 유형 간의 성격 차이가 분석의 다층성을 확보하는 요소로 기능
- 공식 플랫폼 채널은 생산자 관점의 기술 아젠다를 대변하고, 인플루언서 채널의 조회수는 소비자층이 특정 주제에 반응한 정도를 간접적으로 보여주는 지표로 해석 가능

○ 데이터 수집 기간 및 규모

• **(기간)** 2021년 1월 1일 ~ 2025년 12월 31일(5개년)
- 2021년은 팬데믹 이후 메타버스 관련 기술 콘텐츠가 급격히 확산하기 시작한 시점이며, 2025년은 AI 융합·공간컴퓨팅으로의 전환이 가시화되는 시점으로, 두 시점을 포괄하여 변화 흐름을 연속적으로 관찰

• **(데이터 분포)** 최종 유효 영상 5,711건은 연도별로 비교적 균형 있게 분포되어 특정 연도 이벤트에 의한 표본 쏠림 가능성을 완화

[표 3] 연도별 데이터 분포

연도	영상 수	비중
2021	1,187건	20.8%
2022	1,053건	18.4%
2023	1,205건	21.1%
2024	1,155건	20.2%
2025	1,111건	19.5%
합계	**5,711건**	**100.0%**

○ 데이터 정제 기준 및 해석 유의사항

- 수집된 원시 데이터의 노이즈를 제거하고 분석 적합성을 확보하기 위해 3단계의 정제 과정 적용

- **(1단계: 중복 제거)** 영상 고유 URL 기반 중복 제거로 동일 영상의 이중 집계 차단

- **(2단계: 텍스트 정규화)** 이모지·특수문자·마케팅용 URL 등 제거, 영문 대소문자 통일로 카테고리 식별 키워드 매칭의 일관성 확보

- **(3단계: 유효 영상 선별)** 정보 밀도가 현저히 낮은 영상을 제외하여 기술적 함의가 풍부한 데이터만을 최종 확정
  - 영상 길이 60초 미만 제외: 실질적 기술 담론을 담기 어려운 초단편 영상 배제
  - 제목 길이 5단어 미만 제외: 텍스트 분석의 유효성이 낮은 영상 배제
  - 최종 유효 영상 5,711건을 확정하였으며, 영상당 평균 1.31개의 기술 카테고리가 태깅된 총 7,502건의 카테고리 레이블 데이터로 분석 수행

- **(해석 유의사항)** 본 데이터셋은 유튜브 전체 XR 콘텐츠의 대표 표본이 아닌, 콘텐츠 선도 채널을 의도적으로 선별한 표본에 해당
  - 분석 결과는 글로벌 XR 기술 콘텐츠 동향의 경향을 탐색하는 참고 자료 수준으로 활용되어야 하며 일반 대중 여론이나 산업 전체 현황의 직접적 반영으로 해석하는 것은 주의 필요

Ⅱ 데이터 수집 및 분석 방법론

1. 분석 설계 개요

○ 분석 접근법: 정량적 내용 분석

- 디지털 콘텐츠를 사전 정의된 분류 체계에 따라 정량적으로 측정·분석하는 정량적 내용 분석(Quantitative Content Analysis) 접근법을 채택
  - 다만 본 연구는 인간 코더 기반의 전통적 내용 분석이 아닌, 사전 정의된 식별 키워드를 활용하여 영상 메타데이터를 자동 분류하는 규칙 기반 키워드 분류(Rule-based Keyword Classification) 방식 적용
  - 동일한 기준을 대규모 데이터에 일관되게 적용할 수 있다는 장점이 있으나, 중의적 표현이나 문맥 의존적 용어로 인한 오분류와 사전 정의된 키워드에 포함되지 않은 신생 용어의 누락 가능성이 있음
  - 이에 본 연구는 XR 맥락을 비교적 명확하게 식별할 수 있는 기술 전문 용어와 복합 키워드를 중심으로 분류 기준을 구성하고, 복수의 기술 영역을 포함하는 영상에는 다중 레이블을 허용

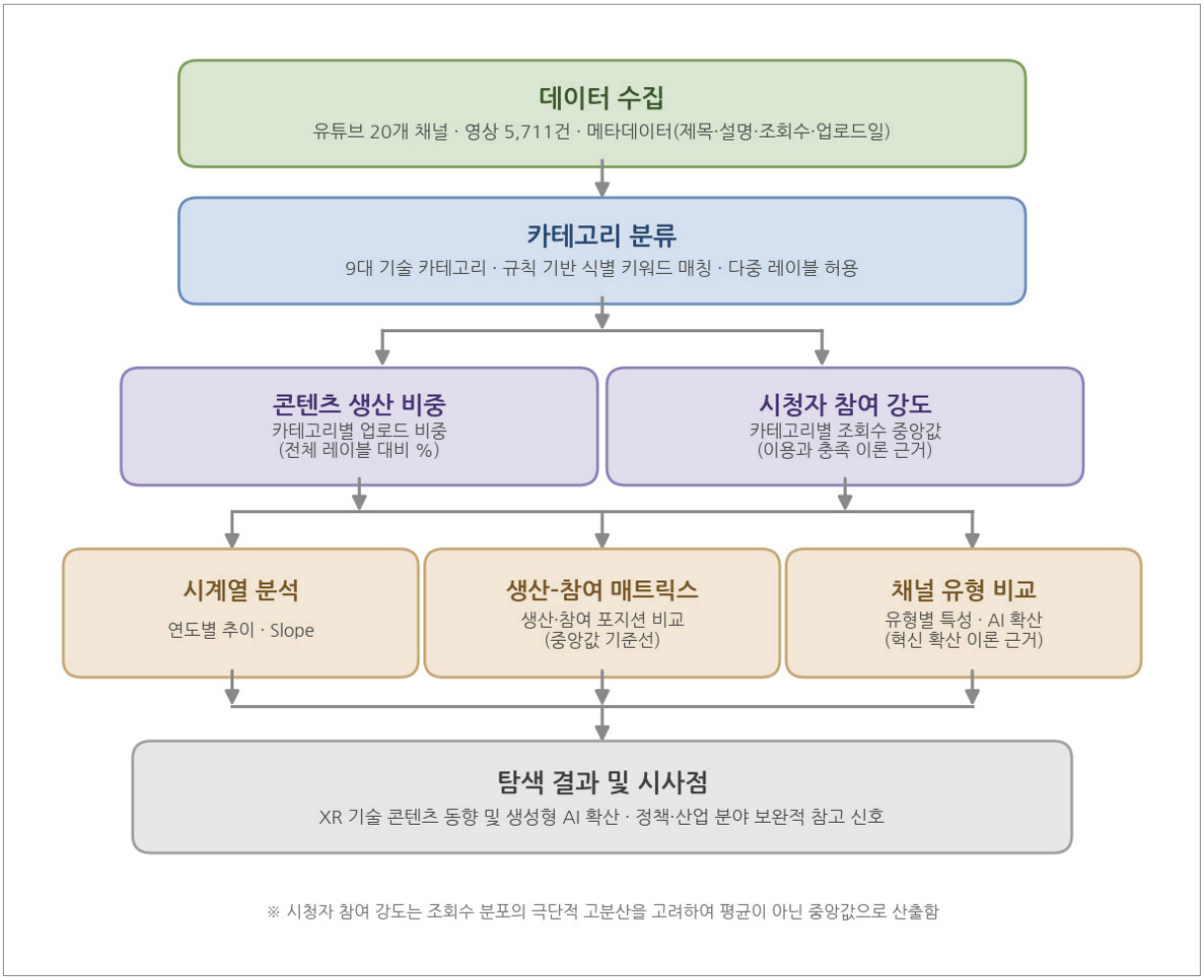
○ 콘텐츠 생산 측면과 시청자 참여 측면을 각각 측정하여 비교

- **(생산 측)** 채널이 어떤 기술 주제의 콘텐츠를 얼마나 생산하는가를 카테고리별 영상 콘텐츠 생산 비중으로 측정

- **(참여 측)** 시청자가 어떤 기술 주제에 얼마나 반응하는가를 카테고리별 조회수 중앙값으로 측정
  - 조회수 분포는 소수의 대형 바이럴 영상으로 인해 극단적으로 편중되므로, 평균 대신 중앙값을 대푯값으로 사용하여 이상치의 영향을 완화
  - 이용과 충족 이론(Katz et al., 1974)에 따르면 수용자는 자신의 필요를 충족하기 위해 능동적으로 콘텐츠를 선택하는 경향이 있으며, 조회수는 이러한 시청자의 선택적 참여를 간접적으로 반영하는 지표로 해석 가능

- **(측정 대상과 해석의 범위)** 본 연구에서 측정하는 것은 콘텐츠 선도 채널 생태계 내의 생산-참여 패턴에 한정
  - **업로드 수**는 콘**텐츠 생산 빈도**를, 조회수는 **시청자 참여 반응을 나타내는 간접 지표**로 해석 가능

[그림 1] 연구 흐름도



2. 데이터 수집 체계

○ 카테고리 식별 키워드 기반 수집 방식

- **(수집 설계)** 9대 기술 카테고리별로 사전 정의된 카테고리 식별 키워드를 활용하여 유튜브 영상을 수집하는 방식 채택
  - 카테고리 식별 키워드는 각 카테고리의 핵심 기술 개념을 비교적 명확하게 지칭하는 전문 용어 중심으로 구성하여 오락·게임 등 비기술 콘텐츠의 혼입을 줄이는 방향으로 설계
  - 키워드 기반 수집 방식은 사전 정의된 카테고리 범주 밖의 기술 콘텐츠를 포착하지 못하는 한계가 내재되어 있으며, 이 점은 분석 결과 해석 시 유의

[표 4] 카테고리별 주요 수집 식별 키워드

NO	ID	카테고리 명칭	주요 앵커 키워드 예시
1	device_platform_os	디바이스·플랫폼·운영체제	vision pro, meta quest 3, visionOS, xreal ar glasses, spatial computing
2	interaction_ux	인터랙션·UX	eye tracking vr, spatial ui xr, haptics vr controller, gaze interaction vr
3	perception_tracking	인지·트래킹·공간인식	spatial mapping ar, slam ar headset, inside-out tracking vr, scene understanding
4	rendering_perf	렌더링·성능최적화	foveated rendering vr, reprojection vr, ray tracing xr, latency vr headset
5	content_pipeline_3d	3D 콘텐츠 제작·파이프라인	nerf xr, volumetric video vr, point cloud ar, gltf xr, 3d scanning ar
6	avatar_social_xr	아바타·소셜 XR	social vr metaverse, facial tracking vr, vrchat avatar, horizon worlds
7	industrial_twin	산업 메타버스·디지털 트윈	digital twin xr, training simulation vr, remote assistance ar, digital factory
8	standards_interop	표준·웹·상호운용성	webxr, openxr runtime, khronos openxr, cross platform xr, openusd gltf
9	ai_plus_xr	AI+XR 융합	generative ai xr, text to 3d xr, image to 3d xr, scene understanding ar ai

- **(메타데이터 수집 항목)** 영상 제목, 영상 내용, 설명, 게시일, 조회수, 영상 길이, 채널명 등 핵심 메타데이터를 추출하여 분석 데이터셋 구성

3. 9대 기술 카테고리 분류 체계

○ 카테고리 설계 방향

- 글로벌 XR 기술 생태계를 하드웨어·인터페이스·인프라·콘텐츠·산업응용·융합 기술의 층위로 구조화하여, 어떤 기술 영역의 콘텐츠가 생산·소비되는지를 살펴볼 수 있도록 설계

- 각 카테고리는 개념적으로 구분되도록 설계하였으나, 하나의 영상이 복수의 기술 영역을 다루는 경우 다중 레이블(Multi-label) 방식으로 복수 분류가 가능하도록 함
  - 전체 영상의 **26.2%(1,494건)**가 2개 이상의 카테고리로 분류되어 총 **7,502건**의 카테고리 레이블 데이터 생성

○ 카테고리 분류 방식

- 수집된 영상의 제목 및 설명 텍스트에 해당 카테고리의 식별 키워드가 포함된 경우, 해당 카테고리로 분류하는 규칙 기반 분류 방식을 적용

[표 5] 카테고리별 정의

NO	한국어 명칭	카테고리 판별 기준
1	디바이스·플랫폼	XR 경험을 구현하는 헤드셋 등 물리적 하드웨어, 플랫폼, OS 생태계 관련 기술 콘텐츠
2	인터랙션·UX	사용자와 XR 시스템 간의 상호작용 방식, 인터페이스, 사용성 및 인체공학적 이슈 관련 콘텐츠
3	공간인식·트래킹	XR 시스템이 사용자의 위치·동작·공간을 인식·추적하는 기술 메커니즘 관련 콘텐츠
4	렌더링·성능최적화	XR 환경에서의 실시간 그래픽 품질, 지연시간, 프레임 유지 등 성능최적화 기술 관련 콘텐츠
5	3D 콘텐츠 파이프라인	XR용 3D 자산의 생성·변환·최적화 및 NeRF·Gaussian Splatting[8] 등 3차원 장면 생성 기술과 관련된 콘텐츠
6	아바타·소셜 XR	XR 환경에서의 아바타, 디지털 휴먼, 가상 소셜 공간에서의 상호작용 관련 콘텐츠
7	산업 메타버스·디지털 트윈	제조·건설·엔지니어링 등 산업 현장 XR 활용 및 시뮬레이션 기반 응용 관련 콘텐츠
8	표준·상호운용성	XR 생태계 내 플랫폼 간 호환성, OpenXR·WebXR 등 개방형 표준 관련 콘텐츠
9	AI·XR 융합	생성형 AI·컴퓨터 비전 등 AI 기술이 XR 콘텐츠 생성·공간인식·사용자 상호작용에 결합되는 관련 콘텐츠

4. AI 융합 식별 방법

○ AI 언급 변수 설계

- AI·XR 융합이라는 단일 카테고리만으로는 XR 기술 콘텐츠 전반의 AI 확산을 포착하기 어려움. 이를 별도로 관찰하기 위해 카테고리 분류와 독립적으로 각 영상의 AI 관련 용어 언급 여부를 식별하는 변수를 설계

8 NeRF(Neural Radiance Fields)는 복수의 2차원 이미지를 학습하여 3차원 장면을 재구성하는 신경망 기반 기술이며, Gaussian Splatting은 3차원 공간을 다수의 가우시안 점으로 표현하여 장면을 실시간에 가깝게 렌더링하는 기술

- **(식별 방법)** 카테고리 분류와 별도로 각 영상의 제목 및 설명 텍스트 내 AI 관련 핵심 용어*가 포함되어 있는지를 이진 변수(True/False)로 식별

  * 탐지 대상 용어: Generative AI, LLM, Neural network, Diffusion model, Machine learning 등

- 이 변수는 AI·XR 융합 카테고리 분류와는 별개로 모든 카테고리에 걸쳐 AI 관련 언급이 얼마나 확산되고 있는지를 살펴보기 위해 별도 설계
  - 카테고리 분류가 **어떤 기술 주제를 다루는가**를 보는 것이라면, AI 언급 변수는 **기존 기술 콘텐츠 전반에 AI 논의가 얼마나 스며들고 있는가**를 보는 보완적 지표에 해당

5. 측정 지표 산출 방법

○ 콘텐츠 생산 비중 산출

- **(목적)** 카테고리별로 콘텐츠가 얼마나 생산되는지를 비교하기 위해 카테고리별 레이블 태깅 건수를 전체 레이블 건수 대비 비율로 산출

콘텐츠 생산 비중(%)
= 카테고리별 레이블 건수 ÷ 전체 레이블 건수(7,502건) × 100

- 하나의 영상이 복수 카테고리를 포괄하는 경우 단일 카테고리로 강제 분류하면 기술 콘텐츠의 복합적 성격이 소실되므로, 각 레이블을 독립적인 콘텐츠 신호로 취급하는 다중 레이블 집계 방식을 채택

○ 시청자 참여 강도 산출

- **(목적)** 시청자가 어떤 기술 주제에 반응하는지를 비교하기 위해 카테고리별 조회수 중앙값을 시청자 참여 강도 지표로 정의

시청자 참여 강도 = 카테고리 내 영상 조회수 중앙값

- 이용과 충족 이론(Katz et al., 1974)에 근거, 조회수를 시청자가 해당 기술 주제에 능동적으로 반응한 정도를 간접적으로 나타내는 지표로 해석
- 다만 카테고리 내 조회수 분포가 극단적으로 우편향되어(소수 영상이 조회수의 대부분을 차지) 평균은 이상치에 크게 좌우되므로, 대푯값은 중앙값을 사용하고 평균은 참고로 병기
- 조회수는 실제 구매 의도나 기술 채택과의 직접적 연결성이 확인되지 않는 대리 지표임을 전제하며, 채널별 구독자 규모 차이에 따른 절대치 편의 가능성을 고려하여 카테고리 간 상대적 수준 비교에 초점을 둠

○ 콘텐츠 동향 기울기(2025년-2021년 증감 폭)

- **(목적)** 각 카테고리 콘텐츠 생산 비중의 변화 방향을 단일 수치로 요약하기 위해 기울기(2025년-2021년 증감 폭)를 정의

기울기 = 2025년 콘텐츠 생산 비중 - 2021년 콘텐츠 생산 비중

- 양(+)의 값은 해당 카테고리의 콘텐츠 생산 비중이 분석 기간 내 증가하는 경향을, 음(-)의 값은 감소하는 경향을 나타내는 수준
- 기울기는 시작점과 종점만을 반영하는 단순 지표이므로, 중간 연도의 변동(V자형 반등, 특정 연도 급등 등)은 연도별 시계열 그래프를 통해 보완적으로 살펴볼 필요가 있음

○ 생산-참여 분석 매트릭스

- **(목적)** 카테고리별 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도의 상대적 포지션을 함께 조망하기 위해 두 지표의 중앙값을 각 축의 분기선으로 설정하여 9개 카테고리를 4개 영역으로 구분
  - 콘텐츠 생산 비중 분기선: 2.67% / 시청자 참여 강도 분기선: 8,226회
  - 참여 강도를 조회수 중앙값으로 산출하였고, 분기선 또한 9개 카테고리값의 중앙값을 사용하여 이상치의 영향을 최소화
  - 본 매트릭스는 생산이 집중되는 영역과 시청자 참여가 집중되는 영역의 관계를 조망하기 위한 분석 도구

[그림 2] 사분면 매트릭스 구성 개념



○ 채널 유형별 콘텐츠 동향 비교

- 4개 채널 유형(공식 플랫폼·개발 생태계·전문 미디어·테크 인플루언서)을 각기 다른 특성을 지닌 콘텐츠 생산자 집단으로 설정하고, 유형별 카테고리 분포 및 AI 언급 비율의 차이를 비교 관찰
  - 혁신 확산 이론(Rogers, 2003)[9]은 새로운 기술 관련 정보가 혁신 수용 특성이 다른 집단을 통해 순차적으로 확산되는 경향이 있음을 시사
  - 채널 유형 간 AI 언급 비율의 시차가 관찰된다면, 이는 특정 유형의 채널이 기술 콘텐츠 동향을 선도하고 다른 유형이 후행하는 패턴과 연결될 가능성이 있는 수준으로 해석할 수 있음

9 Rogers, E. M. (2003). Diffusion of Innovations (5th ed.). Free Press.

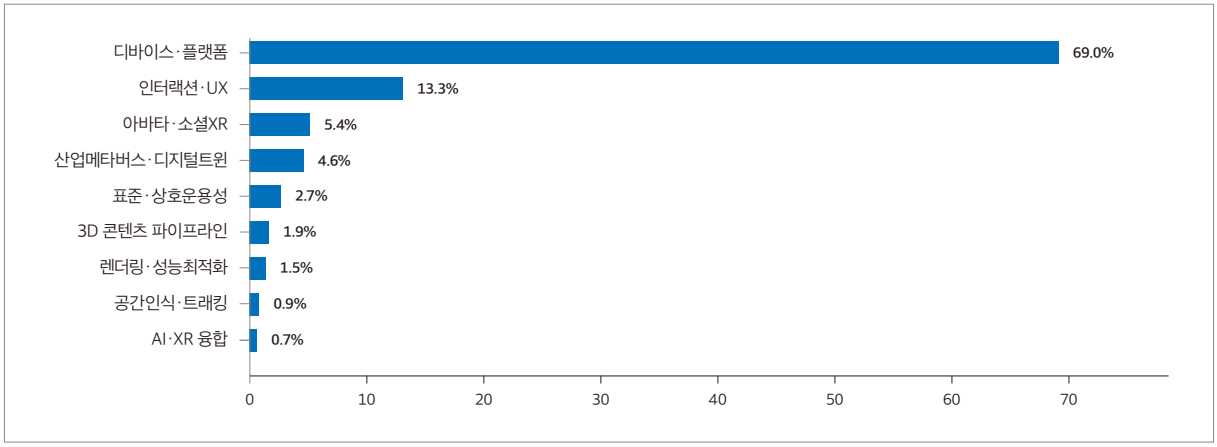
Ⅲ 글로벌 XR 기술 콘텐츠 동향 분석 결과

1. 카테고리별 콘텐츠 생산 비중 분포

○ 콘텐츠 생산은 상위 2개 카테고리에 82.3% 집중, 5년간 구조 유지

- 전체 분석 기간(2021~2025) 동안 9대 기술 카테고리의 콘텐츠 생산 비중을 다중 레이블 기준으로 산출하여 분포를 살펴봄 [그림 3]

[그림 3] 카테고리별 5년 평균 콘텐츠 생산 비중(2021~2025)



[표 6] 카테고리별 콘텐츠 생산 비중 현황

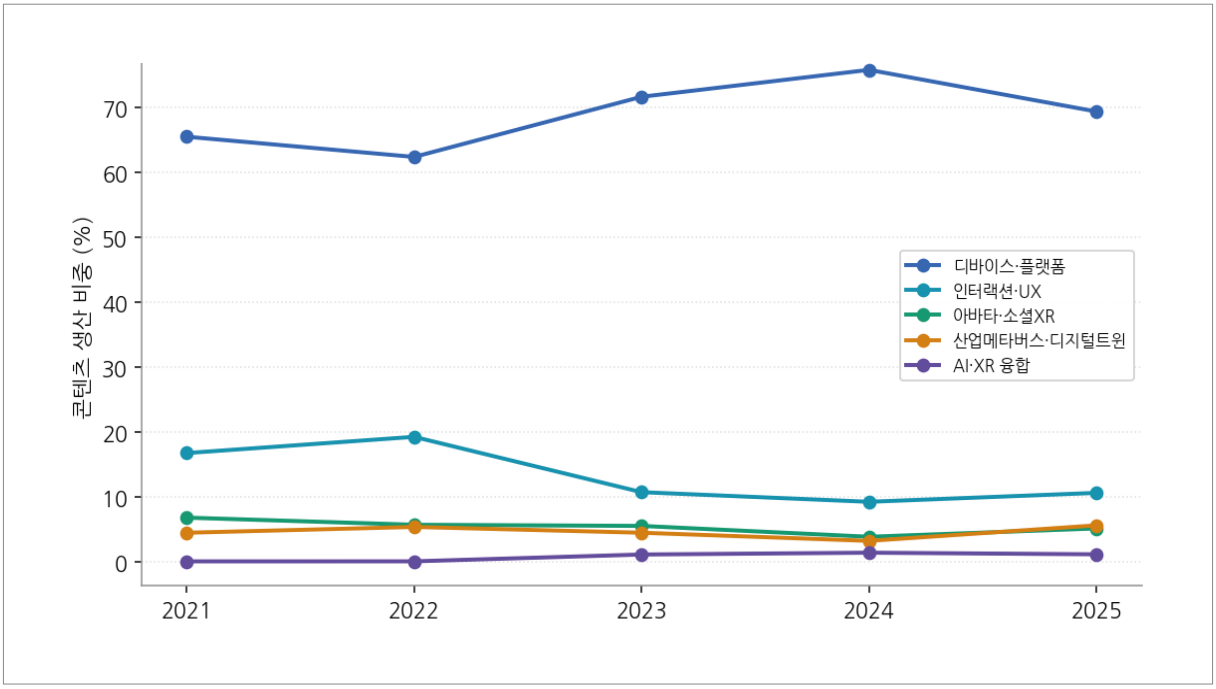
순위	기술 카테고리	2021	2022	2023	2024	2025	5년 평균	Slope
1	디바이스·플랫폼	65.50%	62.40%	71.70%	75.80%	69.40%	**69.00%**	+3.9%p
2	인터랙션·UX	16.80%	19.30%	10.70%	9.20%	10.60%	**13.30%**	-6.1%p
3	아바타·소셜 XR	6.80%	5.70%	5.50%	3.90%	5.10%	**5.40%**	-1.7%p
4	산업 메타버스·디지털 트윈	4.50%	5.40%	4.50%	3.20%	5.60%	**4.60%**	+1.1%p
5	표준·상호운용성	2.70%	2.30%	2.70%	2.50%	3.30%	**2.70%**	+0.6%p
6	3D 콘텐츠 파이프라인	1.50%	2.10%	1.60%	1.80%	2.30%	**1.90%**	+0.8%p
7	렌더링·성능최적화	1.60%	2.00%	1.70%	1.20%	1.00%	**1.50%**	-0.6%p
8	공간인식·트래킹	0.60%	0.80%	0.50%	1.00%	1.50%	**0.90%**	+0.9%p
9	AI·XR 융합	0.06%	0.07%	1.10%	1.40%	1.20%	**0.70%**	+1.1%p

주: 다중 레이블 집계 기준(전체 카테고리 태깅 건수 7,502건 대비 연도별 비중). Slope = 2025년 비중 - 2021년 비중

- 분석 결과는 유튜브 콘텐츠 선도 채널에서 관찰된 콘텐츠 생산과 시청자 참여의 변화 양상
  - 콘텐츠 생산 비중과 조회수의 변화는 기술 동향을 탐색하기 위한 참고 신호로 활용하되, 이를 기술 성숙도, 실제 시장
  - 수요 또는 산업성과의 변화로 직접 해석하지 않음
  - 외부 사건과의 관계는 시기적 대응 여부를 중심으로 해석

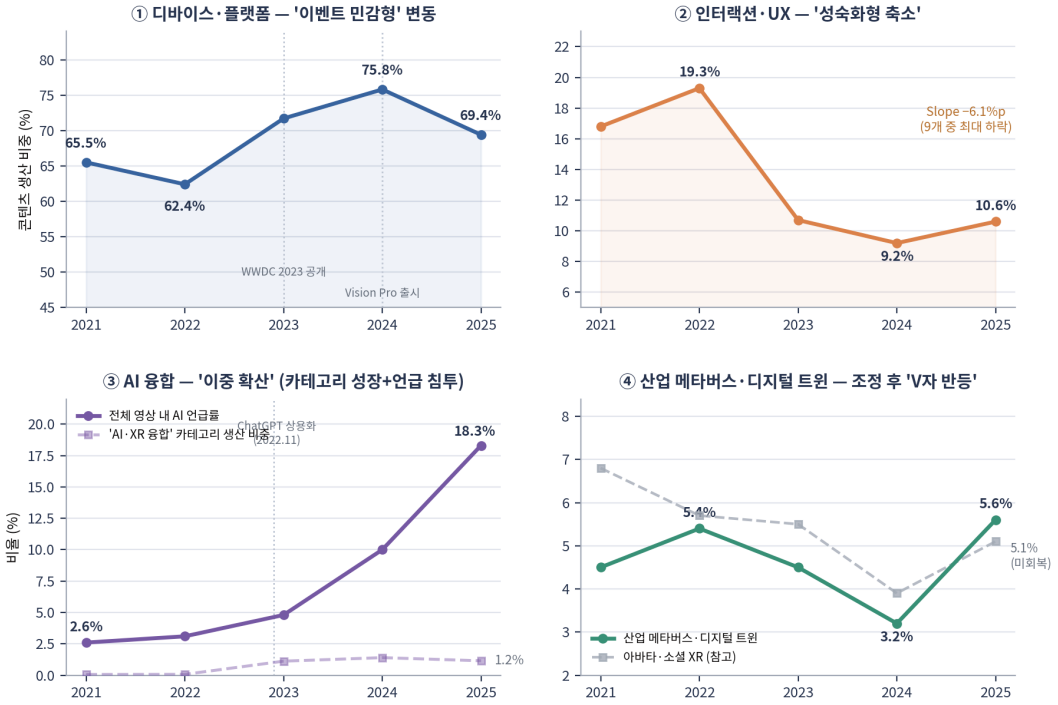
- **(핵심 결과)** 콘텐츠 생산은 소수 카테고리에 집중되는 구조가 5년간 유지
  - 디바이스·플랫폼(5년 평균 69.0%)과 인터랙션·UX(13.3%)의 합산 비중은 82.3%로, 상위 2개 카테고리가 전체 생산의 대부분을 차지
  - 나머지 7개 카테고리의 합산 비중은 17.7% 수준이며, 이 중 AI·XR 융합(0.7%)·공간인식·트래킹(0.9%)은 1% 미만의 주변부에 위치

[그림 4] 연도별 기술 카테고리 콘텐츠 생산 비중 변화



○ 연도별 콘텐츠 생산 비중 변화는 4가지 트렌드로 구분

[그림 5] 콘텐츠 동향 패턴 비교



① 디바이스·플랫폼: 제품 출시 이벤트에 민감한 **이벤트 민감형** 변동
② 인터랙션·UX: 기능 표준화에 따른 지속 감소형
③ AI 논의: 독립 카테고리 성장과 기존 카테고리 침투의 이중 확산
④ 산업 메타버스·디지털 트윈: 조정 후의 V자 반등

2. 시계열 분석: 연도별 콘텐츠 동향 변화

○ 5년간 9개 카테고리 중 6개 상승·3개 하락, 디바이스·플랫폼 +3.9%p와 인터랙션·UX -6.1%p가 최대 폭

- 연도별 카테고리 콘텐츠 생산 비중의 변화 방향과 속도를 추적하여 5년간 XR 기술 콘텐츠 동향을 확인
  - 데이터에서 관찰되는 4가지 패턴을 중심으로 기술하되, 외부 이벤트와의 시계열 대응 관계는 시기적 일치 여부를 확인하는 수준에서 기술

- 증감 폭 기준 상승이 관찰된 카테고리는 디바이스·플랫폼(+3.9%p), 산업 메타버스·디지털 트윈(+1.1%p), AI·XR 융합(+1.1%p), 공간인식·트래킹(+0.9%p), 3D 콘텐츠 파이프라인(+0.8%p), 표준·상호운용성(+0.6%p)이며, 인터랙션·UX(-6.1%p), 아바타·소셜 XR(-1.7%p), 렌더링·성능최적화(-0.6%p)는 하락

패턴 ①: 디바이스·플랫폼 - 2022년 저점 이후 상승, 2025년 감소

- 콘텐츠 비중이 2022년 62.4%로 분석 기간 중 최저치를 기록한 뒤, 2023년 71.7%, 2024년 75.8%로 증가한 후 2025년 69.4%로 감소
  - 2023년 6월 월별 영상 업로드 수는 235건으로 전월(5월, 84건) 대비 약 2.8배 증가하였으며, 이 시기는 Apple WWDC 2023(2023년 6월) Vision Pro 최초 공개 시점과 시계열 상 대응. 2024년 2월 Vision Pro 정식 출시 시점(2월 93건, 1월 67건)에도 업로드 증가가 관찰
  - 단일 제품 출시 이벤트와 콘텐츠 생산 급증이 시기적으로 대응되는 사례로, XR 콘텐츠가 기술 논의보다 제품 출시 이벤트에 민감하게 반응하는 구조적 특성을 시사

패턴 ②: 인터랙션·UX - 2022년 고점 이후 하락

- 2022년 콘텐츠 비중 19.3% 기록 이후, 2024년 9.2%까지 감소하였으며, 2025년 10.6%로 소폭 증가. 증감 폭 -6.1%p로 9개 카테고리 중 가장 큰 폭의 감소를 기록
  - 이 시기는 Meta Quest Pro 아이트래킹 기능 도입(2022년 10월), Apple Vision Pro 출시(2024년 2월)와 시계열 상 대응

- XR 인터페이스 기술이 특정 기기의 차별화 기능에서 업계 표준 기능으로 편입되는 성숙화(Normalization) 현상으로 해석
  - 다만 2025년 10.6% 반등은 공간컴퓨팅 패러다임 아래에서 비전형 입력·의도 기반 조작 등 새로운 인터페이스 논의가 재개되기 시작한 신호로 볼 여지가 있음

패턴 ③: AI 융합 콘텐츠의 이중 확산

- AI·XR 융합 카테고리 콘텐츠 생산 비중은 2021~2022년 0.1% 미만 수준에서 2023년 이후 1%대로 증가

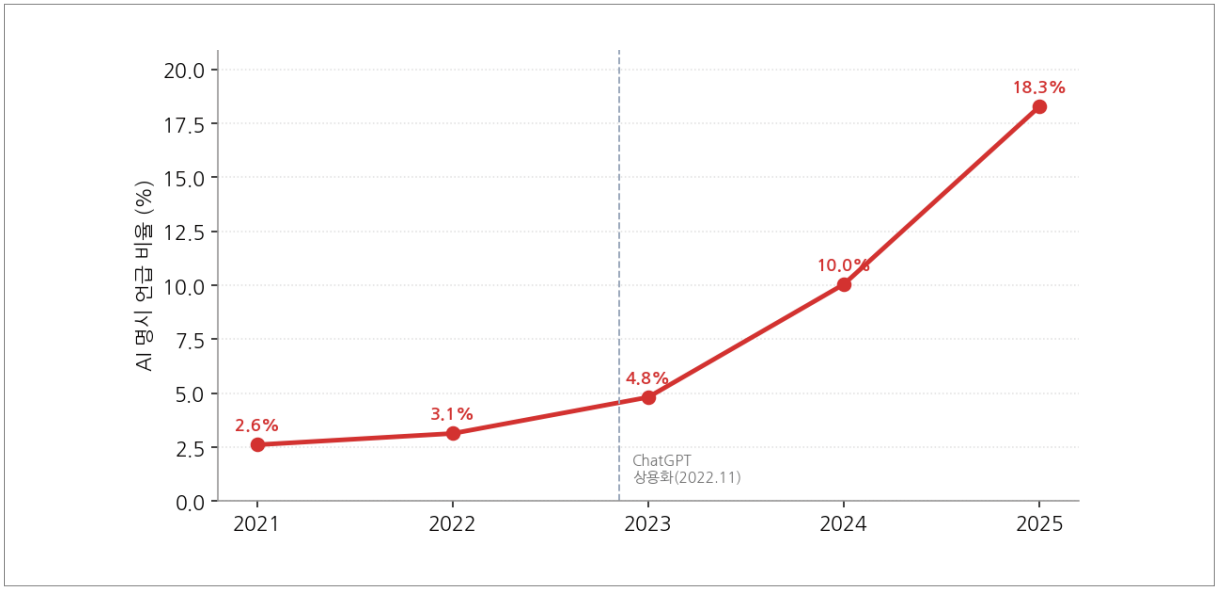
- 그러나 전체 영상 내 AI 언급 비율은 2021년 2.6%에서 2025년 18.3%로 약 7배 증가

[표 7] 연도별 AI·XR 분야 비중

구분	2021	2022	2023	2024	2025
AI 명시 언급 비율	2.6%	3.1%	4.8%	10.0%	18.3%
전년 대비 증가	–	+0.5%p	+1.7%p	+5.2%p	+8.3%p

- AI 명시 언급 비율은 2022년 이후 증가하기 시작하여 2024년부터 증가 폭이 크게 확대
- 이러한 변화는 생성형 AI 확산 시기와 맞물리지만, 본 분석만으로 두 현상 간 인과관계를 확인하기는 어려우므로 시기적 대응 관계로 해석
- AI·XR 융합이라는 독립 카테고리의 비중 증가보다 기존 기술 카테고리 전반에서 AI 관련 언급 확대
- 이는 글로벌 XR 콘텐츠에서 AI가 개별 기술 분야와 결합하여 논의되는 경향이 증가하고 있음을 시사

[그림 6] 연도별 AI 명시 언급 비율

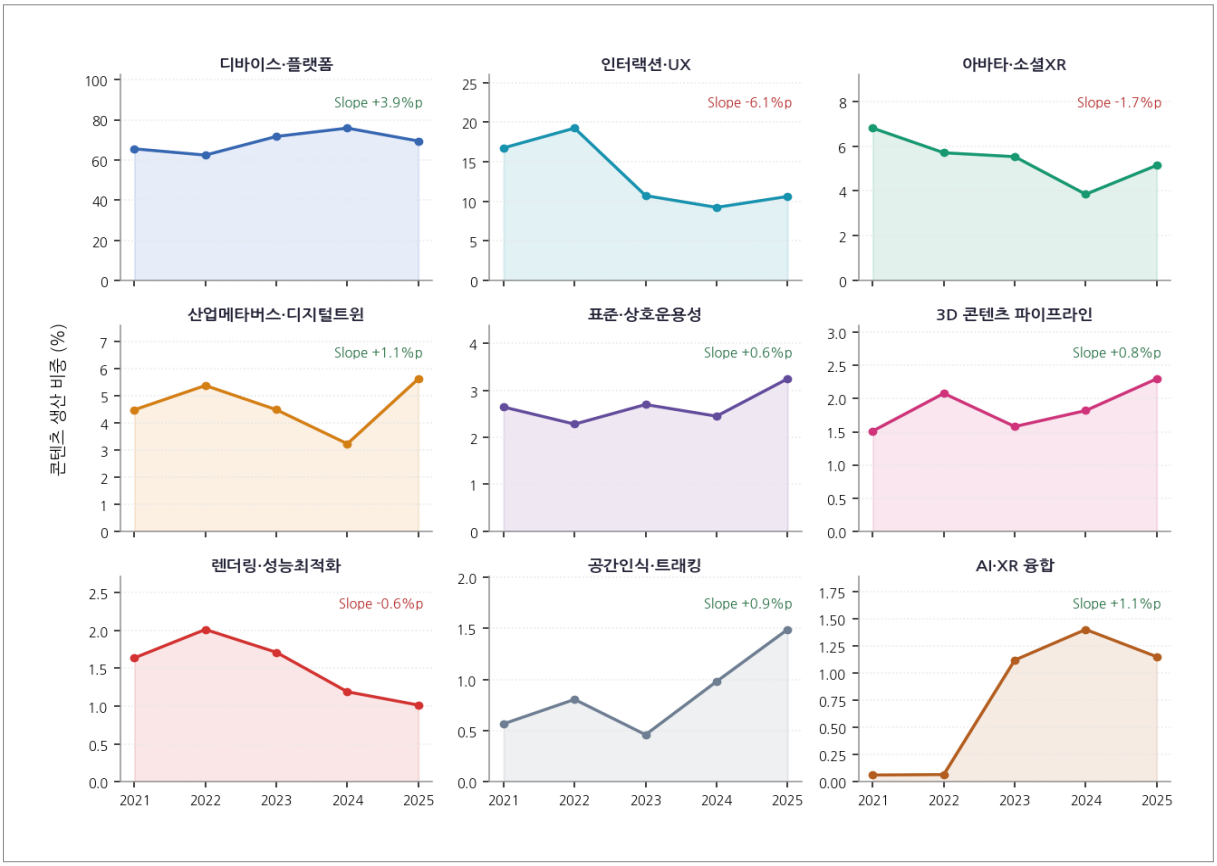


- 2022년 11월 ChatGPT 상용화를 기점으로 가속화가 시작되어 2024년부터 증가 폭이 급격히 확대되는 양상 확인
- 이는 AI가 **AI·XR 융합**이라는 독립 카테고리의 성장(0.06%→1.2%)보다 **기존 카테고리 전반에 AI 논의가 침투·확산되는 방식(2.6%→18.3%)**으로 XR 콘텐츠를 재편 중인 것으로 해석할 수 있음
- AI의 XR 내 영향력은 별도 영역으로의 분화보다 기존 기술 콘텐츠의 AI 흡수·융합으로 발현되고 있으며, 이는 전통적 카테고리 분류로는 포착하기 어려운 구조적 변화

패턴 ④: 산업 메타버스·디지털 트윈 - 2024년 저점 후 반등

- 메타버스 확산기(2022년 5.4%)를 고점으로 2024년 3.2%까지 하락하며 메타버스 거품 조정기의 대표적 사례로 관측되었으나, 2025년 5.6%로 반등하며 카테고리 순위 3위로 복귀
  - 제조·건설·엔지니어링 분야의 디지털 트윈 및 원격 협업 논의가 콘텐츠 증가에 영향을 미쳤을 가능성이 있으나, 이를 실제 산업 수요의 회복이나 기술 채택 확대로 판단하기 위해서는 기업 도입, 투자 및 매출 등 외부 산업지표를 통한 추가 검증 필요
  - 반면 아바타·소셜 XR은 2021년 6.8%에서 2024년 3.9%로 지속 하락한 이후 2025년 5.1%로 소폭 회복하였으나, 2021년 수준을 회복하지 못해 시장 기대의 점진적 조정 과정에 있음을 시사

[그림 7] 연도별 카테고리 콘텐츠 비중 변화(전체 9개 카테고리)



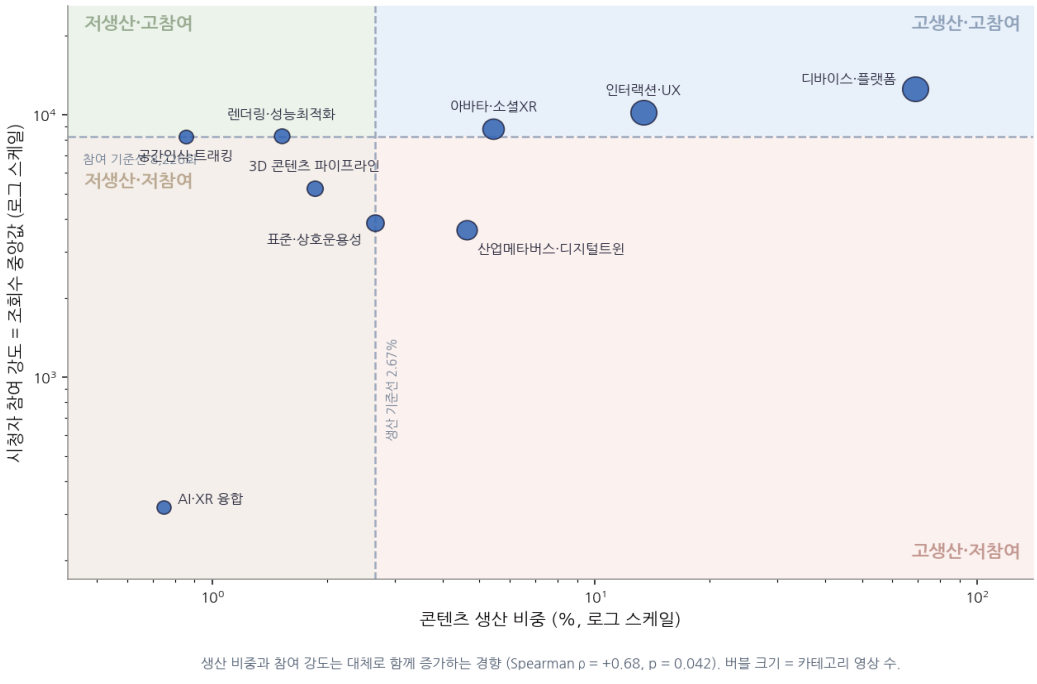
3. 생산-참여 관계 분석

○ 생산 비중과 참여 강도를 각 축 중앙값(2.67%·8,226회)으로 나눠 9개 카테고리를 4개 영역으로 구분

- 카테고리별 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도(조회수 중앙값)를 두 축으로 교차하여 분포를 살펴봄
- 중앙값 기준선(콘텐츠 생산 비중 2.67%, 시청자 참여 강도 8,226회)을 적용하여 9개 카테고리를 4개 영역으로 구분

○ 생산이 집중된 카테고리는 참여도가 높아 카테고리 수준에서 양(+)의 상관관계 관찰

[그림 8] 생산-참여 진단 매트릭스



생산 비중과 참여 강도는 대체로 함께 증가하는 경향 (Spearman ρ = +0.68, p = 0.042). 버블 크기 = 카테고리 영상 수.

[표 8] 카테고리별 생산-참여 포지션

카테고리	콘텐츠 생산 비중	시청자 참여 강도	참여/중앙값	전략 영역
디바이스·플랫폼	69.00%	12,526회	1.5x	고생산·고참여
인터랙션·UX	13.30%	10,212회	1.2x	고생산·고참여
아바타·소셜 XR	5.40%	8,806회	1.1x	고생산·고참여
산업 메타버스·디지털 트윈	4.60%	3,629회	0.4x	고생산·저참여
표준·상호운용성	2.70%	3,875회	0.5x	고생산·저참여
3D 콘텐츠 파이프라인	1.90%	5,241회	0.6x	저생산·저참여
렌더링·성능최적화	1.50%	8,277회	1.0x	저생산·고참여
공간인식·트래킹	0.90%	8,226회	1.0x	저생산·고참여(경계)
AI·XR 융합	0.70%	318회	0.04x	저생산·저참여

주: 기준선 - 콘텐츠 생산 비중 2.67%, 시청자 참여 강도 8,226회(각 축 중앙값). 영역 구분은 분석상 편의를 위한 잠정적 구분임

- **(핵심 결과)** 카테고리별 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도는 양(+)의 상관관계(Spearman ρ=+0.68, p=0.042)
  - 생산 비중 1위인 디바이스·플랫폼이 참여 강도(중앙값 12,526회)가 가장 높고, 생산 비중 최하위인 AI·XR 융합은 참여 강도도 가장 낮아(318회) 생산이 집중되는 영역과 시청자 참여가 집중되는 영역이 대체로 일치하는 경향 관찰

○ 디바이스·플랫폼이 생산-참여 양축 최상위로 XR 콘텐츠 생태계의 중심축

- **(고생산·고참여: 디바이스·플랫폼, 인터랙션·UX, 아바타·소셜 XR)** 생산과 참여가 모두 기준 이상인 영역으로 현재 산업의 핵심 의제로 기능
  - 디바이스·플랫폼은 생산(68.9%)과 참여(중앙값의 1.5배) 모두 최상위로, XR 콘텐츠 생태계의 중심축임이 확인

- **(고생산·저참여: 산업 메타버스·디지털 트윈, 표준·상호운용성)** 생산은 기준 이상이나 시청자 참여는 기준의 절반 수준인 영역
  - 산업 메타버스·디지털 트윈의 낮은 참여 중앙값(3,629회)은 B2B·산업 실무 중심 콘텐츠의 특성상 대중적 시청층이 얇은 구조를 반영하는 것으로 해석
  - 다만 이 영역은 소수 기업 행사 영상이 매우 높은 조회수를 기록하는 등 카테고리 내 편차가 커 중앙값과 평균의 괴리가 가장 큰 영역 중 하나
  - 표준·상호운용성은 업계 내부 논의는 꾸준하나 대중적 관심이 낮은 특성

- **(저생산·고참여: 렌더링·성능최적화, 공간인식·트래킹)** 생산 비중은 낮으나 참여가 기준선 수준인 영역
  - 콘텐츠 생산의 관성은 유지되고 있으나 시장의 실질 반응이 생산 비중에 비해 낮은 **생산 우위 불균형 구조**가 확인됨
  - 두 카테고리 모두 참여 강도가 기준선(1.0x) 부근의 경계선상에 위치하여 뚜렷한 미충족 수요보다는 소규모지만 안정적인 전문 시청층의 존재를 시사하는 수준

- **(저생산·저참여: 3D 콘텐츠 파이프라인, AI·XR 융합)** 생산과 참여 모두 낮은 영역
  - AI·XR 융합은 생산 비중 최하위(0.7%)이며 참여 중앙값도 318회로 9개 카테고리 중 가장 낮음
  - 다만 3D 콘텐츠 파이프라인은 시계열 분석에서 완만한 우상향(+0.8%p) 추세를 보이고 있어 AI 기반 3D 제작 기술(NeRF, Gaussian Splatting 등)의 확산과 함께 중기적 관심 증가 가능성이 있음

[그림 9] 생산-참여 영역별 포지션: 9개 기술 카테고리의 사분면 진단



※ 확정 데이터(N=5,711) · 기준선: 생산 비중 2.67% / 참여 강도 중앙값 8,226회(각 축 9개 카테고리 중앙값) · 참여 강도는 조회수 중앙값 기준

○ 카테고리 내 고분산에 대한 유의

- 각 카테고리 내부의 조회수 분포는 극단적으로 편중되어 있으며, 소수의 대형 바이럴 영상이 카테고리 평균을 크게 왜곡
  - AI·XR 융합(56건)의 평균 조회수는 약 49.7만 회로 전체 최상위이지만 카테고리 전반의 관심이 아니라 단일 기업 키노트 영상이 만든 값
  - 이 단일 기업 키노트 영상이 카테고리 전체 조회수의 약 81%를 차지하며 같은 카테고리의 중앙값은 318회에 불과
  - 산업 메타버스·디지털 트윈 역시 평균(약 37.5만 회)과 중앙값(3,629회)의 괴리는 100배
  - 이러한 고분산 구조에서 평균 기반 지표는 **소수 바이럴의 존재**를 **영역 전반의 높은 관심**으로 잘못 해석할 위험이 있어 본 분석은 중앙값을 참여 강도의 대푯값으로 사용

○ 생산-참여 분석 종합 시사점: 생산 구조와 시청자 참여는 대체로 일치하나 AI 관심의 실체는 별도 관찰 축을 필요로 함

- 글로벌 XR 기술 콘텐츠의 생산 구조와 시청자 참여는 카테고리 수준에서 대체로 같은 방향으로 움직이는 것으로 관찰
  - 디바이스·플랫폼 중심의 생산 집중은 시청자 참여 관점에서도 뒷받침되고 있으며, 현재의 생산 구조와 시장 관심이 대체로 일치
  - AI 관련 관심의 실체는 **AI·XR 융합 카테고리가 아닌 전 카테고리에 걸친 AI 언급 확산**(패턴 ③)에서 확인되며, 이는 카테고리 단위 생산-참여 분석과 별도의 관찰 축이 필요함을 보여줌

4. 채널 유형별 콘텐츠 동향 비교

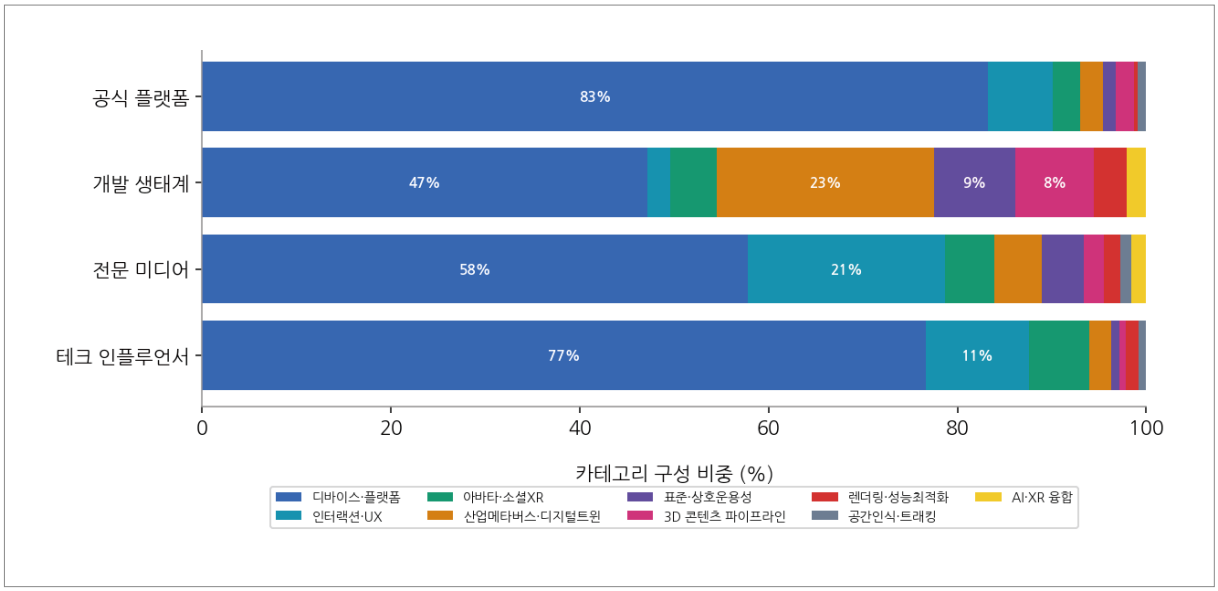
○ 영상 수 최다는 테크 인플루언서(2,682건·AI 7.5%), AI 언급률 최고는 개발 생태계(331건·44.0%)

- 동일한 XR 기술 주제라도 채널의 성격과 역할에 따라 콘텐츠 구성 방식이 상이할 수 있음. 본 분석은 4개 채널 유형별 카테고리 집중도, 참여 반응, AI 언급 비율의 변화 양상을 비교

[표 9] 채널 유형별 기본 프로파일

채널 유형	채널 수	영상 수	조회수 중앙값	AI 언급률(2025)
공식 플랫폼	2개	830건	16,272회	3.2%
개발 생태계	3개	331건	16,374회	**44.0%**
전문 미디어	6개	1,868건	4,078회	**41.3%**
테크 인플루언서	9개	2,682건	**19,002회**	7.5%

[그림 10] 채널 유형별 기술 카테고리 구성 비중(%)



주: 다중 레이블 집계 기준

○ 카테고리별 특성: 채널 유형에 따라 디바이스·플랫폼 집중도가 83.2%에서 47.1%까지 갈림

- **(공식 플랫폼)** Meta Quest VR·Apple Developer는 디바이스·플랫폼 비중이 **83.2%로 4개 유형 중 가장 높으며**, 이는 전체 평균(68.9%)을 14.3%p 상회하는 수준
  - AI 명시 언급 비율은 5년간 5% 미만으로 4개 유형 중 최저 수준

- **(개발 생태계)** NVIDIA·Unity·Unreal Engine은 디바이스·플랫폼 비중이 47.1%로 타 유형 대비 가장 낮고, **산업 메타버스·디지털 트윈(23.1%)·표준·상호운용성(8.6%)·3D 콘텐츠 파이프라인(8.4%)**의 비중이 높아 가장 다양한 기술 스펙트럼

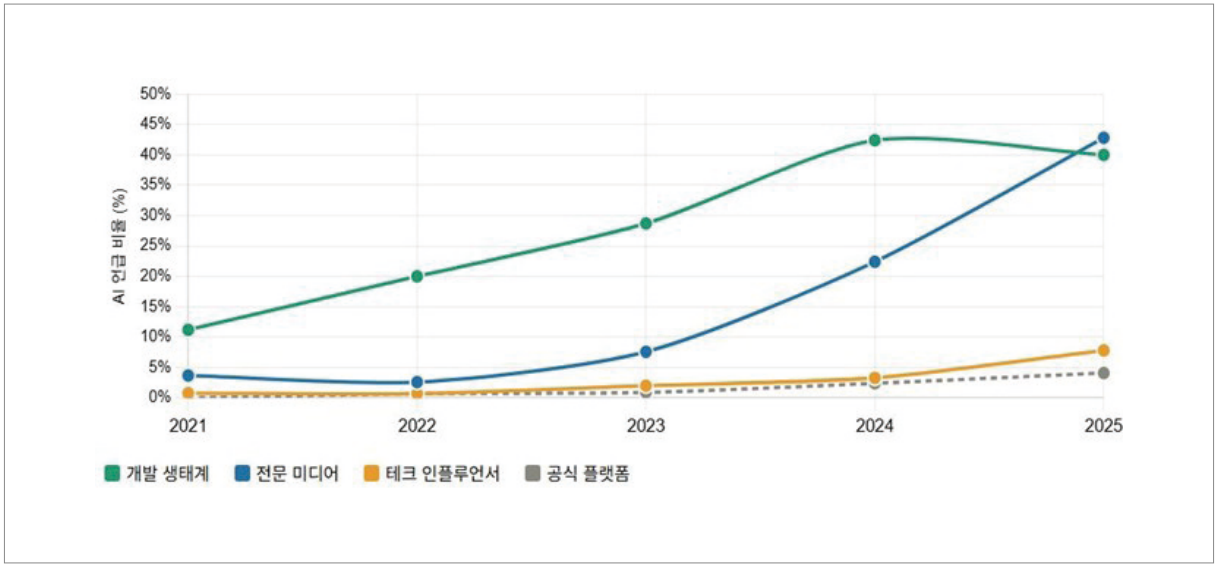
- **(전문 미디어)** 인터랙션·UX 비중이 **20.9%**로 전체 유형 중 최고 수준이며, 이는 사용자 경험 평가를 핵심 편집 관점으로 삼는 전문 저널리즘의 특성을 반영
  - 조회수 중앙값은 4,078회로 4개 유형 중 가장 낮으나, 2025년 AI 언급 비율(41.3%)은 개발 생태계(44.0%)에 근접한 수준까지 상승

- **(테크 인플루언서)** 영상 수(2,682건)가 전체의 약 47%를 차지하며, 총조회수(5억 640만 회) 및 조회수 중앙값(19,002회)은 4개 유형 중 최대
  - 디바이스·플랫폼(76.6%)·인터랙션·UX(11.0%) 비중이 높아, 대중 소비자 관점에서 HMD 리뷰와 가상 소셜 경험을 중심으로 콘텐츠를 형성하는 역할
  - AI 명시 언급 비율은 2025년 7.5%로 대중 확산 단계에 아직 진입하지 못함

AI 언급 비율은 개발 생태계가 2021년부터 선도, 전문 미디어는 2024년부터 급증하여 41.3%까지 상승

- 네 유형의 AI 언급 비율은 함께 오르지 않고 순서를 두고 커지며 2025년 도달 수준도 유형별로 크게 갈림

[그림 11] 채널 유형별 AI 언급 콘텐츠 확산 경로



주: AI 언급 비율 = 해당 유형 내 AI 관련 용어(generative AI, LLM, neural network 등) 명시 영상 수 / 해당 유형 전체 영상 수 × 100

[표 10] 채널 유형별 AI 융합 콘텐츠 비율

채널 유형	2021	2022	2023	2024	2025
개발 생태계	11.5%	18.0%	23.5%	30.4%	44.0%
전문 미디어	4.0%	2.5%	8.1%	21.4%	41.3%
테크 인플루언서	0.7%	0.7%	1.8%	3.2%	7.5%
공식 플랫폼	0.0%	0.8%	1.0%	2.3%	3.2%

- 개발 생태계 채널의 AI 언급 비율은 2021년 11.5%로 4개 유형 중 가장 높게 시작하여 2025년 44.0%까지 지속 증가
- 전문 미디어는 2021~2022년 2.5~4.0% 수준에서 2024년 21.4%, 2025년 41.3%로 급증하며 개발 생태계에 근접
- 테크 인플루언서(7.5%)와 공식 플랫폼(3.2%)의 2025년 AI 언급 비율은 개발 생태계 및 전문 미디어와 수치 차이가 크게 나타남
- 개발 생태계 채널의 AI 언급 비율이 다른 유형보다 일찍 증가하기 시작한 패턴이 관찰되며, 이는 AI 관련 논의가 개발·인프라 계층에서 먼저 형성된 후 미디어 보도를 거쳐 확산되는 경로와 부합함

○ 종합 관찰 사항: 채널 유형별 카테고리 구성이 달라 카테고리 참여 해석 시 유형 구성 효과를 함께 고려 필요

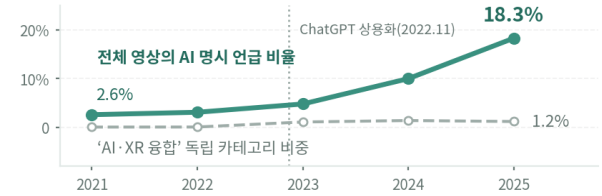
- 4개 채널 유형은 카테고리 구성 비중과 AI 언급 비율 수준이 각기 다른 것으로 나타남
  - 개발 생태계는 산업 메타버스·디지털 트윈(23.1%) 비중이 타 유형 대비 높고, 공식 플랫폼은 디바이스·플랫폼(83.2%) 집중도가 가장 높으며, 전문 미디어는 인터랙션·UX(20.9%) 비중이 상대적으로 높음

- 카테고리별 시청자 참여 강도 해석 시, 채널 유형별 구성 효과를 함께 고려할 필요가 있음
  - 예컨대 산업 메타버스·디지털 트윈 카테고리는 개발 생태계 채널의 비중이 높아 해당 카테고리의 참여 분포에는 채널 유형 특성(B2B 지향, 소수 대형 행사 영상)이 반영된 결과

Ⅳ 결론 및 정책 시사점

1 발견 · AI는 어디에 있나 — 2021 → 2025

AI는 새 칸으로 자라기보다 모든 칸으로 스며드는 확산



5년간 AI 명시 언급 비율

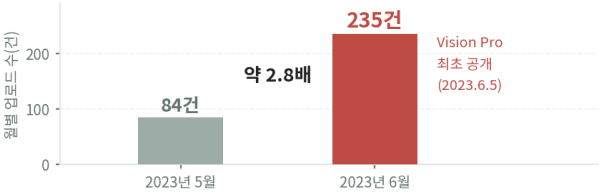
약 7배

같은 기간 독립 카테고리
비중은 1%대에 머무름

AI를 별개 카테고리로만 집계하면 확산 규모가 드러나지 않음 시사점 ① 기존 기술 분야와 AI 융합 여부를 함께 표기하는 이중 분류

2 발견 · 무엇이 콘텐츠를 움직이나 — 디바이스·플랫폼 중심 구조

콘텐츠 생산은 기술 논의보다 제품 출시에 반응



디바이스·플랫폼 생산 비중

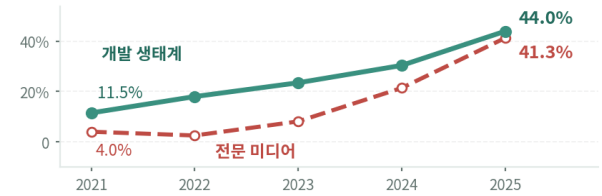
68.9%

공식 플랫폼 채널에서는 83.2%
생산·참여 모두 최상위

콘텐츠 의제가 소수 플랫폼 사업자의 출시 주기에 맞춰 형성 시사점 ③ 해외 플랫폼 의존도·개방형 표준 활용 현황 점검

3 발견 · 신호의 순서 — AI 언급 비율 · 채널 유형별

개발 생태계에서 먼저 증가, 전문 미디어가 뒤따라 확산



2025년 대중 채널

테크 인플루언서 7.5%

공식 플랫폼 3.2%

개발·미디어와 큰 격차 유지

개발·인프라 계층이 새 기술 의제의 조기 관찰 지점 시사점 ② 개발 생태계 채널을 국내 R&D 기획 후보로 연계

주: AI 명시 언급 비율 = 해당 집단 내 AI 관련 용어 명시 영상 수 ÷ 전체 영상 수 × 100. 콘텐츠 생산 비중은 다중 레이블 집계 기준(전체 레이블 7,502건)

영어권 선도 채널 20개·영상 5,711건(2021~2025) 관찰 결과로, XR 산업 전체나 실제 시장 수요를 대표하지 않음. 정책 시사점 번호는 Ⅳ.2와 대응

1. 핵심 요약

○ 발견 1 <층위> 카테고리 간에는 생산과 참여가 대체로 같은 방향으로 움직이나 카테고리 내부에서는 참여가 소수 영상에 집중

- 카테고리별 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도(조회수 중앙값)는 양(+)의 상관관계를 보임(Spearman ρ=+0.68, p=0.042)
  - 생산 비중 1위인 디바이스·플랫폼이 참여 강도(중앙값 12,526회)도 가장 높고, 생산 비중 최하위인 AI·XR 융합은 참여 강도도 가장 낮아(318회) 9개 카테고리 수준에서 생산-참여 간 구조적 괴리는 확인되지 않음

- 다만 카테고리 내부의 조회수 분포는 극단적으로 편중되어 있어 소수의 대형 영상이 카테고리 평균을 크게 왜곡
  - AI·XR 융합의 평균 조회수(약 49.7만 회)는 단일 기업 키노트 영상이 카테고리 전체 조회수의 약 81%를 차지한 결과이며, 중앙값은 318회에 불과함. 산업 메타버스·디지털 트윈 역시 평균(약 37.5만 회)과 중앙값(3,629회)의 괴리는 약 100배
  - 평균 기반 지표는 소수 바이럴의 존재를 영역 전반의 높은 관심으로 잘못 해석할 위험이 있어, 동향 판단 시 중앙값·분포 특성을 함께 확인할 필요가 있음

○ 발견 2 <횡단> AI는 독립 카테고리로 성장하기보다 기존 기술 콘텐츠 전반에 침투하는 형태로 확산

- **AI·XR 융합** 카테고리의 콘텐츠 생산 비중은 0.1% 미만(2021)에서 1.2%(2025) 수준에 그친 반면, 전체 영상 내 AI 관련 용어 언급 비율은 2.6%에서 18.3%로 약 7배 증가

- 이는 AI의 영향력이 별도 영역으로의 분화보다 기존 기술 콘텐츠의 AI 흡수·융합으로 발현되고 있음을 보여주며 전통적 카테고리 분류만으로는 포착하기 어려운 구조적 변화

○ 발견 3 <시차> AI 논의는 개발 생태계 채널에서 먼저 증가하고 전문 미디어가 뒤따라 확산

- 개발 생태계 채널은 2021년 AI 언급 비율 11.5%로 4개 유형 중 가장 높은 수준에서 시작하여 2025년 44.0%까지 지속 증가
  - 전문 미디어는 2024년(21.4%)부터 본격적으로 증가하여 2025년 41.3%로 개발 생태계에 근접
  - 테크 인플루언서(7.5%)와 공식 플랫폼(3.2%)은 2025년에도 낮은 수준을 유지

2. 정책적 시사점

❶ AI 융합 확산에 대응한 기술 분류·지원 체계 정비

○ (분석 결과) 실증분석 결과, AI는 독립 기술 분야로 성장하기보다 기존 XR 기술 전반에 결합하는 방식으로 확산되고 있음을 확인

- AI·XR 융합 독립 카테고리의 콘텐츠 생산 비중은 2021년 0.06%에서 2025년 1.2%에 머문 반면, 전체 영상의 AI 명시 언급 비율은 같은 기간 2.6%에서 18.3%로 약 7배 증가

- 카테고리 단위 지표와 언급률 지표가 서로 다른 방향의 결론을 가리키는 구조

○ (함의) 카테고리 단위 통계만으로는 AI 융합의 실제 확산 규모가 포착되지 않음

- AI 논의는 콘텐츠 제작·공간인식·인터랙션·디지털 트윈 등 기존 기술 영역 안에서 이루어지고 있어, 독립 분류 항목으로는 대부분 집계에서 누락

- AI 융합 항목을 단일 분류로 신설하는 방식은 확산 규모를 과소 추정할 우려

(정책 방향) 국내 XR 실태조사와 연구개발 과제 분류에 기존 기술 분야와 AI 융합 여부를 함께 표기하는 이중 분류 체계 도입 필요

- 3D 콘텐츠 제작, 공간인식, XR 개발도구 등 AI 결합이 먼저 나타나는 영역을 우선 점검 대상으로 설정
- 3D 콘텐츠 파이프라인은 생산 비중이 1.9%로 낮으나 5년간 +0.8%p의 상승세를 유지하고 있어, NeRF · Gaussian Splatting 등 AI 기반 제작 기술의 확산과 함께 관심 증가 가능성

❷ 개발 생태계 선행 신호를 활용한 조기 대응

(분석 결과) 실증분석 결과, AI 관련 논의가 채널 유형에 따라 시차를 두고 확산되는 경로를 확인

- 개발 생태계 채널의 AI 언급 비율은 2021년 11.5%로 4개 유형 중 가장 높은 수준에서 출발하여 2025년 44.0%까지 지속 증가
- 전문 미디어는 2021~2022년 2.5~4.0% 수준에 머물다가 2024년 21.4%, 2025년 41.3%로 급증
- 테크 인플루언서(7.5%)와 공식 플랫폼(3.2%)은 2025년에도 한 자릿수 수준

(함의) 기술 논의가 개발·인프라 계층에서 먼저 형성된 뒤 미디어 보도를 거쳐 확산되는 순서로 볼 수 있음

- 개발 생태계는 분석 시작 시점부터 상승 궤도에 있었던 반면 전문 미디어는 2024년부터 본격 상승하여 두 유형 간 확산 시점에 차이 존재
  - 전체 콘텐츠 양을 단일 지표로 관찰하면 이러한 유형 간 시차가 평균에 묻혀 드러나지 않음

(정책 방향) 개발 생태계 채널군을 신규 기술 의제의 조기 관찰 대상으로 설정하고, 여기서 확인되는 의제를 국내 연구개발 기획의 후보 목록으로 연계 필요

- 전체 지표와 채널 유형별 지표를 병행 관찰하는 방식으로 모니터링 설계

❸ 플랫폼 종속 구조를 고려한 국내 기반 점검

○ (분석 결과) 실증분석 결과, 글로벌 XR 기술 콘텐츠가 디바이스·플랫폼을 중심으로 형성되는 구조를 확인

- 디바이스·플랫폼은 콘텐츠 생산 비중 68.9%, 시청자 참여 강도 12,526회(전체 중앙값의 1.5배)로 생산과 참여 모두 최상위

- 공식 플랫폼 채널의 디바이스·플랫폼 비중은 83.2%로 전체 평균을 14.3%p 상회
  - 2023년 6월 월별 업로드는 전월 84건에서 235건으로 약 2.8배 증가하였으며, 이 시점은 Vision Pro 최초 공개(2023.6.5)와 시기적으로 대응

○ (함의) 콘텐츠 의제가 소수 플랫폼 사업자의 제품 출시 주기에 맞춰 형성되는 구조로 볼 수 있음

- 기술 논의보다 제품 출시 이벤트에 민감하게 반응하는 특성이 5년간 유지

- 표준·상호운용성은 생산 비중 2.7%로 낮으나 5년간 +0.6%p로 완만한 상승을 유지하여 업계 내부의 지속 의제로 관찰

○ (정책 방향) 해외 플랫폼 의존도, 국내 콘텐츠·소프트웨어 기업의 플랫폼 연계 여건, OpenXR·WebXR 등 개방형 표준 활용 현황을 함께 점검 필요

- 플랫폼 사업자의 출시 일정에 국내 대응이 후행하지 않도록 사전 관찰 체계 마련

❹ 정기 실태조사를 보완하는 상시 모니터링 지표 검토

○ (분석 결과) 실증분석 결과, 연 단위 조사 주기로는 확인하기 어려운 월 단위 변동이 포착됨

- 제품 출시·기술 행사 전후로 콘텐츠 생산량이 단기간에 크게 움직이는 양상 관찰
  (2023년 6월 84건→235건)
  - 카테고리 내 조회수는 소수 영상에 집중되어, AI·XR 융합의 평균 조회수는 약 49.7만 회인 반면 중앙값은 318회

○ (함의) 콘텐츠 데이터는 기존 조사를 대체하는 지표가 아니라 조사 주기 사이의 공백을 메우는 보완 지표에 해당

- 평균 기반 지표는 단일 바이럴 영상의 영향으로 영역 전반의 관심을 과대 해석하게 만들 위험

○ (정책 방향) 콘텐츠 생산 비중·조회수 중앙값·AI 명시 언급 비율을 기본 지표로 하는 정기 관측 체계 검토 필요

- 지표 설계 시 평균이 아닌 중앙값 등 분포 특성을 반영한 산출 방식 적용

- 콘텐츠 지표는 정책 지원 대상을 직접 결정하는 기준이 아니라 변화 가능성을 조기에 발견하는 참고 자료로 활용

❺ 국내 데이터 연계 및 후속 검증

○ (분석 결과) 본 분석은 영어권 글로벌 선도 채널 20개를 목적 표집한 결과로, XR 산업 전체나 실제 시장 수요를 대표하지 않음

- 콘텐츠 생산 비중과 조회수는 콘텐츠 생태계 내부의 활동을 측정하는 대리 지표이며 기업의 기술 도입이나 매출과의 연결성은 본 분석에서 확인되지 않음

(정책 방향) 관찰된 신호는 국내 산업통계, 기업 수요조사, 연구개발 과제, 투자·고용 자료 및 전문가 의견과 교차 검증한 뒤 정책과제로 연계 필요

- 동일 분류 체계를 국내 XR 콘텐츠에 적용하여 글로벌 동향과 비교하는 후속 분석 추진

3. 본 분석의 활용 방안 및 한계

활용 방안

- 본 분석에서 확인된 글로벌 콘텐츠 동향은 국내 XR 산업의 경쟁력이나 시장 수요를 직접 평가하는 지표라기보다 국내 정책에서 우선적으로 점검할 기술·산업 의제를 탐색하는 참고 신호로 활용

- 정책적으로는 글로벌 콘텐츠 동향에서 변화 신호를 탐색한 후, 국내 산업통계, 연구개발 과제, 기업 수요 및 전문가 의견을 통해 이를 검증하고 구체적인 지원 과제로 연결하는 단계적 활용이 필요

- 본 분석은 유튜브 콘텐츠 데이터를 통해 글로벌 XR 기술 콘텐츠 동향을 정량적으로 살펴보는 보완적 시도에 해당

- 정기 분석을 반복 수행함으로써 글로벌 XR 콘텐츠 동향의 변화를 지속적으로 관찰하는 모니터링 도구로의 발전 가능성을 검토할 수 있음
  - 특히 주요 기술 이벤트 전후의 단기 변화를 살펴보는 용도로 활용

분석의 한계

- **(데이터 범위)** 분석 대상이 영어권·글로벌 빅테크 중심 채널 20개로 한정되어 있어 한국·아시아권 특화 XR 콘텐츠나 비영어권 동향은 충분히 반영되지 않을 수 있음

- **(지표의 대리적 성격)** 콘텐츠 생산 비중과 시청자 참여 강도는 콘텐츠 생태계 내의 활동을 측정하는 지표이며, 실제 산업 수요·기술 채택·시장 규모와의 직접 연결성은 본 분석으로 확인되지 않음

- **(해석 범위)** 본 분석에서 관찰된 패턴은 단일 시점의 결과이며, 동일한 패턴이 향후에도 관찰될지는 반복 분석을 통해 검증이 필요한 수준임. 단일 분석 결과를 일반화하거나 미래 예측의 직접 근거로 활용하는 것은 주의가 필요

종합

- 본 분석은 유튜브 콘텐츠 데이터를 활용한 글로벌 XR 기술 콘텐츠 동향의 탐색적 정량 관찰을 시도한 것으로, 분석 결과는 정책 및 산업 분야의 의사결정을 위해 활용할 수 있음

- 다양한 분석 자료 및 전문가 의견과 함께 종합적으로 검토되는 방식으로 활용될 때, 본 분석의 결과가 콘텐츠 동향의 변화 흐름을 다층적으로 이해하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대

참고문헌

1. 국내문헌

- SPRi (2026), 메타버스-인공지능 융합 활성화 연구
- SPRi (2026), 산업 메타버스 현황과 전망

2. 국외문헌

- Haridakis, P., & Hanson, G. (2009). Social interaction and co-viewing with YouTube: Blending mass communication reception and social connection. Journal of Broadcasting & Electronic Media, 53(2), 317-335.
- Katz, E., Blumler, J. G., & Gurevitch, M. (1974). Utilization of mass communication by the individual. In J. G. Blumler & E. Katz (Eds.), The uses of mass communications: Current perspectives on gratifications research (pp. 19-32). SAGE.

- Krippendorff, K. (2018). Content analysis: An introduction to its methodology (4th ed.). SAGE.
- Rogers, E. M. (2003). Diffusion of innovations (5th ed.). Free Press.
- Aiolfi, S., & Luceri, B. (2024). See you on the Metaverse: A bibliometric expedition through the Metaverse landscape. Technological Forecasting and Social Change, 207, 123605.
- Chang, A. C., & Zhang, X. (2024). Mapping metaverse industrial architecture using LDA and bibliometrics based on technology news framing. Asia Pacific Management Review, 29(4), 369-383.
- Feng, Y., & Xie, Q. (2018). Measuring the content characteristics of videos featuring augmented reality advertising campaigns. Journal of Research in Interactive Marketing, 12(4), 489-508.
- Lampropoulos, G., Keramopoulos, E., Diamantaras, K., & Evangelidis, G. (2022). Augmented reality and virtual reality in education: Public perspectives, sentiments, attitudes, and discourses. Education Sciences, 12(11), 798.
- Wang, J. (2025). Exploring technological landscape to uncover technological opportunities for immersive technologies in the Metaverse using patent data. Scientometrics, 130, 3505-3536.

3. 기타

- Apple. (2023.06.05.). Introducing Apple Vision Pro: Apple's first spatial computer. https://www.apple.com/newsroom/2023/06/introducing-apple-vision-pro/
- Apple. (2024.01.08.). Apple Vision Pro available in the U.S. on February 2. https://www.apple.com/newsroom/
- Meta. (2022.10.25.). Meta Quest Pro is now available. https://about.fb.com/news/2022/10/meta-quest-pro-is-now-available/
- OpenAI. (2022.11.30.). Introducing ChatGPT. https://openai.com/index/chatgpt/
- Gartner. (2022.12.13.). Gartner outlines six trends driving near-term adoption of metaverse technologies. https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-09-13-gartner-outlines-six-trends-driving-near-term-adoptio
- Tang, J., Ren, J., Zhou, H., Liu, Z., & Zeng, G. (2023). DreamGaussian: Generative Gaussian splatting for efficient 3D content creation (arXiv:2309.16653). arXiv. https://arxiv.org/abs/2309.16653
- Li, R., & Han, W. (2025.05.). Revolutionizing neural reconstruction and rendering in gsplat with 3DGUT. NVIDIA Technical Blog. https://developer.nvidia.com/blog/revolutionizing-neural-reconstruction-and-rendering-in-gsplat-with-3dgut/
- The Khronos Group. OpenXR: The standard for XR. https://www.khronos.org/openxr/
- World Wide Web Consortium. (2026). WebXR Device API. https://www.w3.org/TR/webxr/