

혼합현실 콘텐츠 사용자를 위한 구형 레이어 공간 비주얼 가이드 설계

최인영¹, 신춘성²

¹전남대학교 문화학과 박사과정

²전남대학교 문화전문대학원 교수

indud30@jnu.ac.kr, cshin@jnu.ac.kr

Designing spherical layer space visual guides for users of mixed reality content

Inyoung Choi¹, Choonsung Shin²

¹Dept. of Cultural Studies, Chonnam National University

²Dept. of Graduate School of Culture, Chonnam National University

요 약

광학 투과형 헤드 마운트 디스플레이(OST-HMD) 환경에서 제한된 시야각 문제를 해결하기 위한 새로운 접근 방식인 구형 레이어 비주얼 가이드(SLSV Guide: Sphere Layer Spatial Visual Guide)를 제안한다. SLSV 가이드는 Montello의 공간 스케일 이론을 기반으로 하여, 사용자 중심의 3차원 공간 구조화를 통해 증강현실(AR) 콘텐츠를 효과적으로 전달하는 방식을 제시한다. SLSV 가이드의 주요 특징으로는 중심 시야 활용, 동적 정보 제공, 다중 감각 활용, 단계적 정보 제공, 그리고 컨텍스트 인식적 접근이 있다. 이러한 특징들은 OST-HMD의 기기적 한계를 극복하면서도 AR 환경의 3차원적 특성을 충분히 활용할 수 있도록 한다. 본 연구는 기존의 Level-of-Detail 개념과 공간 UI 전환 메커니즘 연구를 확장 적용하였으며, 웹 개발에서의 반응형 디자인 원칙을 AR 환경에 적용하였다. 이를 통해 공간 인식 향상, 정보 과부하 방지, 다양한 환경에 대한 적응성, 그리고 직관적인 내비게이션 제공 등의 장점을 가진 새로운 AR 가이드 방식을 제시한다.

1. 서론

최근 AI 기술 발전과 더불어 가상현실(VR, Virtual Reality)과 증강현실(AR, Augmented Reality)을 포함하는 확장현실(XR, Extended reality) 기술에 대한 관심이 크게 높아지고 있다. 특히 혼합현실(MR, Mixed reality) 기기의 발전이 두드러지며, 마이크로소프트(Microsoft)의 홀로렌즈(HoloLens)가 그 선두에 있다. XR 기기의 발전 방향은 완전한 가상현실(Full VR)보다 물리적 현실과 상호작용이 가능한 혼합현실(MR) 환경을 지향하고 있다. 이는 오쿨러스 퀘스트(Oculus Quest)의 거듭되는 시리즈에 따른 카메라 화질 개선과 혼합현실 기기라 명명한 애플 비전 프로(Vision Pro)의 출시를 통해 확인할 수 있다.

그러나 홀로렌즈를 비롯한 현재의 광학 투과형(OST, optical see-through) 헤드 마운트 디스플레이(HMD, head mounted display)(OST-HMD) 기기들은 여전히 제한된 시야각[1]이라는 한계점이 존재

한다. 이는 메타 퀘스트와 같은 Full-Cover VR 디바이스에 비해 현저히 좁은 시야각으로, 사용자 경험에 부정적 영향을 미치는 요인으로 작용한다.

이러한 기기적 한계를 보완하고 OST-HMD 콘텐츠의 사용자 경험 개선을 위해서 본 연구는 SLSV Guide(Sphere Layer Spatial Visual Guide)라는 새로운 개념을 제안한다. 이 접근법은 사용자의 제한된 시야각을 고려하여 AR 콘텐츠를 동적으로 조절하는 방식으로, 궁극적으로 혼합현실 환경에서의 사용자 경험을 향상시키는 것을 목표로 한다.

2. 혼합현실 환경의 시각 가이드 관련 선행 연구

최근 AR 환경에서 동적 콘텐츠 관리와 사용자 경험 최적화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다 [2]. Julier et al.과 Grubert et al.은 환경 변화에 따른 콘텐츠 적응과 맥락 인식 AR의 중요성을 강조했다. Lindlbauer et al.은 MR 인터페이스의 실시간 적응 방법을 제안했다. 특히 레벨 오브 디테일(LOD, Level of Detail) 접근법은 DiVerdi et al.과 Gómez

et al.가 개발한 시스템으로 각각 카메라 거리와 방향을 기반으로 하여 사용자의 움직임에 따라 콘텐츠의 정보가 동적으로 변화하는 시스템이다.

AR 환경에서의 UI 최적화와 자동화된 배치에 관한 연구도 진행되고 있다[3]. Cheng et al.은 환경 변화에 따른 UI 공간 레이아웃의 자동 적응을, Lages와 Bowman은 걸어 다니는 상황에서의 AR 윈도우 적응을 연구했다. 사용자 맞춤형 인터페이스 최적화 분야에서는 Gajos et al.이 사용자 선호도 기반 접근법을, Sarcar et al.이 사용자 능력 기반 접근법을 제안하기도 하였다. 이러한 연구들은 AR 환경에서 사용자 경험을 향상하고 콘텐츠를 효과적으로 관리하는 방법을 탐구하고 있으며, 웹 개발 분야의 반응형 디자인 원칙(Almeida and Monteiro)[4]을 AR 환경에 적용하려는 시도를 발견할 수 있다.

3. 구형 레이어 공간 비주얼 가이드

구형 레이어 공간 비주얼 가이드(SLSV Guide, Sphere Layer Spatial Visual Guide)는 OST-HMD 사용자의 공간 콘텐츠 경험에 최적화된 가이드이다. 이는 기존의 2차원 평면을 기준으로 구분하던 Jason Jerald의 공간 층위 이론[5]에서 나아가, 위와 아래 공간까지 포함한 3차원적 개념으로 Montello의 공간 스케일 이론을 토대로 한다. SLSV 가이드는 공간 콘텐츠 경험 향상을 위해 3차원 공간 구조화를 통해 제한된 시야각 문제를 보완하고자 한다.

3차원적 공간 개념의 이해를 위해 Montello(1993)의 공간 스케일 이론[6]을 참고할 수 있다. Montello는 인간이 경험하는 공간을 도형적 공간(Figural Space), 조망 공간(Vista Space), 환경적 공간(Environmental Space), 지리적 공간(Geographical Space)의 네 가지 주요 스케일로 분류했다<표 1>. 도형적 공간은 신체보다 작은 공간으로 한 번에 전체를 지각할 수 있으며, 조망 공간은 신체를 벗어나지만, 한 지점에서 전체를 볼 수 있는 공간이다. 환경적 공간은 전체를 보기 위해 이동이 필요한 공간이며, 지리적 공간은 직접 경험으로 전체를 파악하기 어려운 대규모 공간이다.

<표 1> Montello의 공간 스케일 이론

공간 유형	특징	예시
도형적 공간 (Figural Space)	- 신체보다 작은 공간 - 한 번에 전체를 지각 가능	책상 위 물건, 손에 든 물체
조망 공간 (Vista Space)	- 신체보다 크지만 한 지점에서 전체를 볼 수 있는 공간 - 머리카 눈의 움직임으로 파악 가능	방, 광장, 작은 공원
환경적 공간 (Environmental Space)	- 전체를 보기 위해 이동이 필요한 공간 - 직접 경험과 이동을 통해 학습	건물, 동네, 도시
지리적 공간 (Geographical Space)	- 직접 경험으로 전체를 파악하기 어려운 대규모 공간 - 주로 상징적 표현(지도, 픽토그램 등)을 통해 학습	국가, 대륙

Mentello의 이론에 따르면, 각 스케일이 고유한 인지적, 행동적 특성을 가지며, 공간 스케일에 따라 공간 정보의 획득, 처리, 사용 방식이 달라진다. 또한, 스케일 간에는 명확한 경계가 있는 것이 아니라 연속적인 특성을 가진다고 본다. 이 이론은 공간 인지 연구에 체계적인 프레임워크를 제공하고, 다양한 공간 경험을 이해하는 토대로 작용한다.

SLSV 가이드는 사용자를 중심으로 여러 개의 동심원 형태의 레이어를 생성하여 3차원 공간을 구조화한다. 각 레이어는 사용자로부터의 거리에 따라 근거리, 중거리, 원거리 등으로 구분되며, 이는 Montello의 도형적 공간, 조망 공간, 환경적 공간, 지리적 공간 개념과 연계된다. 각 레이어는 반투명하게 표시되어 중첩될 수 있으며, 사용자의 움직임에 따라 실시간으로 내용과 위치가 업데이트된다.

SLSV 가이드의 핵심 특징은 중심 시야 활용과 동적 정보 제공이다. 객체의 위치 정보를 사용자의 중심 시야에 표시하되, 주요 시야를 방해하지 않도록 반투명하게 처리한다. 정보의 크기, 투명도, 상세도는 사용자의 행동과 상황에 따라 동적으로 조절된다. 예를 들어, 객체와의 거리에 따라 아이콘 크기가 변하며, 사용자의 고개 돌림 속도에 따라 정보의 투명도가 조절된다.

이 가이드의 장점으로는 공간 인식 향상, 정보 과부하 방지, 다양한 환경에 대한 적응성, 그리고 직관적인 내비게이션 제공을 들 수 있다. 이는 OST-HMD의 좁은 시야각 문제를 해결하면서도 AR 환경의 3D 특성을 충분히 활용할 수 있는 가능성을 제시한다. 이러한 SLSV Guide는 웹 개발 분야의 반응형 디자인 원칙(Almeida and Monteiro, 2017)을 MR 환경에 적용하려는 시도와 유사하고 할

수 있다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 OST-HMD 환경에서 제한된 시각 문제를 해결하기 위한 구형 레이저 공간 비주얼 가이드(SLSV Guide)를 제안하였다. SLSV 가이드는 Montello의 공간 스케일 이론을 기반으로 하여, 사용자 중심의 3차원 공간 구조화를 통해 MR 콘텐츠를 효과적으로 전달하는 새로운 방식으로 중심 시야 활용, 동적 정보 제공, 다중 감각 활용, 단계적 정보 제공 등을 통해 기존 OST-HMD의 한계를 극복하고자 하였다. Lu와 Xu의 공간 UI 전환 메커니즘 연구를 바탕으로, 사용자의 움직임과 상황에 따라 유연하게 적응하는 인터페이스를 제안하였다. 이는 Almeida와 Monteiro[4]가 제시한 웹 개발에서의 반응형 디자인 원칙을 MR 환경에 확장 적용한 것으로 볼 수 있다. 또한 SLSV 가이드는 공간 인식 향상, 정보 과부하 방지, 다양한 환경에 대한 적응성, 그리고 직관적인 내비게이션 제공 등의 장점을 가지고 있다. 이는 Jason Jerald가 강조한 인간 중심 설계 원칙을 MR 환경에 적용한 결과로, 사용자 경험을 크게 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 SLSV 가이드의 실제 구현과 사용자 평가를 통해 그 효과성을 검증할 필요가 있다. 특히, 다양한 환경과 태스크에서의 성능 평가, 장기간 사용에 따른 학습 효과 분석, 그리고 다양한 사용자 그룹에 대한 적용성 검토가 필요할 것이다.

본 연구는 SLSV 가이드를 통해 OST-HMD의 기술적 한계를 극복하고 MR 콘텐츠의 경험을 향상시키는 새로운 가이드 방식을 제시하였다. 이는 혼합현실 콘텐츠의 대중화 및 실용화에 기여할 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 소프트웨어중심대학사업의 연구결과로 수행되었습니다.(2021-0-01409)

참고문헌

- [1] Kress, Bernard C., and William J. Cummings. "Optical architecture of HoloLens mixed reality headset." *Digital Optical Technologies* 2017. Vol. 10335. SPIE, 2017.
- [2] Wysopal, Abby, et al. "Level-of-detail ar: Dynamically adjusting augmented reality level of detail based on visual angle." *2023 IEEE Conference Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. IEEE, 2023.
- [3] Lu, Feiyu, and Yan Xu. "Exploring spatial UI transition mechanisms with head-worn augmented reality." *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 2022.
- [4] Almeida, Fernando, and José Monteiro. "The Role of Responsive Design in Web Development." *Webology*14.2 (2017).
- [5] Jerald, Jason. *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool, 2015.
- [6] Montello, Daniel R., ed. *Handbook of behavioral and cognitive geography*. Edward Elgar Publishing, 2018.