

건설 분야 내 Virtual Reality(VR) · Mixed Reality(MR) 기술 활용 연구 동향

KICEM



최민지 서울대학교 건축학과 박사과정

I. 서론

작년 하반기에 출시된 Pokémon Go 라는 게임이 여러 국가에서 선풍적인 인기를 끌며 현실과 가상을 넘나드는 기술에 대한 관심이 재조명되었다. 이처럼 VR (Virtual Reality) 및 MR (Mixed Reality) 관련 기술의 지속적인 개발 및 상용화로 인해 이제 우리의 일상에서도 VR 및 MR을 구현하는 제품들을 손쉽게 접할 수 있게 되었다. 이러한 기술들은 비교적 적은 비용과 높은 안정성과 함께 사용자들에게 가상과 현실의 경계를 체험할 수 있는 기회를 제공한다는 장점에 기반하여 의료, 군사, 제조업 등의 많은 분야에서 다양한 목적 하에 활용되고 있다.

건설 분야에서도 이러한 기술들을 프로젝트 관리에 활용하기 위한 시도들이 이루어지고 있으며 관련 연구성과들이 발표되고 있다. 이에 본 고에서는 VR 및 MR의 개념에 대해 설명하고, 이와 관련한 건설 분야 최신 연구 동향을 간략히 소개하고자 한다.

II. VR (Virtual Reality), MR (Mixed Reality)

1. VR (Virtual Reality)

VR은 사용자가 인터페이스 장비를 활용하여 3D 가상 환경 속에 몰입할 수 있도록 하는 컴퓨터 그래픽 시스템 기술을 의미한다 (Pan et al. 2006). VR의 핵심은 원격현장감 (telepresence)이라는 개념으로 이는 공간적으로 떨어져있는 장소나 가상의 장소에 사용자가 존재하며 그 안에서 체험하는 것을 의미한다 (Kinatader et al. 2014). 이러한 개념을 현실화하기 위해 가상의 환경 속에 사용자를 몰입시키기 위한 다양한 형태의 이펙터 (effector)들이 사용되는데, 이들의 종류에 따라 그림 1과 같이 크게 Desktop VR과 Immersive VR로 구분이 가능

하다 (Bouchlaghem and Liyanage 1996; Kinatader et al. 2014).

특히 컴퓨터 모니터를 통해 가상 환경을 바라보는 Desktop VR 과 달리, Immersive VR 의 경우 CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) 시스템, HMD (Head-mounted Display) 기기 등과 같은 추가적 장비들을 활용하여 가상의 환경이 사용자를 에워싸는 듯한 상황 속에서 고도의 몰입감을 느낄 수 있는 것이 특징이다 (Kinatader et al. 2014). 이러한 시스템들은 매우 현실적인 시각적 · 청각적 자극을 표현할 수 있으며, 더 나아가 후각 및 고유감각 (proprioceptive) 자극 (예: 바람, 열, 움직임 등)을 포함하기 위한 연구들 역시 지속되고 있다 (Barfield and Danas 1996; Richard et al. 2006; Kinatader et al. 2014). 이러한 장비들은 현실에서 재현하기에 제약이 따르는 위험한 상황들 (예: 공포 · 위험 · 극한 상황 등)을 가상의 공간에서 구현하고, 그 환경 속에서 사용자가 주변과 상호작용하는 과정을 분석하기 위한 도구로서 주로 활용되고 있다 (Boyle and Lee 2010; Wiederhold and Wiederhold 2010).



그림 1. Desktop VR 및 Immersive VR 장비 활용 예시 (Hammad et al. 2009; Kim et al. 2015)

2. MR (Mixed Reality)

한편, MR은 가상과 현실의 오브젝트(object)들이 실시간으로 공존하고 상호작용하며 새로운 환경을 구축한다는 점에서 VR과 차별성을 가지고, 그림 2와 같이 AR (Augmented Reality) 과 AV (Augmented Virtuality)의 개념을 포함한다 (Milgram et al, 1994).

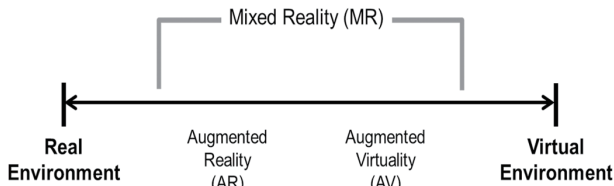


그림 2. Reality-Virtuality (RV) Continuum (Milgram et al, 1994)

AR의 경우 앞서 언급된 게임과 같이 컴퓨터에서 생성된 그래픽(virtual object)이 사용자가 바라보는 실제 현실의 공간(real environment)에 겹쳐 보이는 상황을 의미한다. 이와 같은 상황을 구현하기 위해 최근 다양한 형태의 See-through AR 디스플레이 장비들이 개발되었으며, 사용자가 디스플레이 장비를 착용하고 주변상황을 인지하면 사전 프로그래밍 된 위치 및 시간에 디지털 오브젝트가 현실에 겹쳐서 나타나게 된다(그림 3). AR과 상반된 개념의 AV의 경우 현실의 오브젝트가 가상의 공간 내에 존재하며, 그 안에서 오브젝트와 주변 환경이 상호작용을 하게 된다.



그림 3. MR 장비 활용 예시 (Microsoft HoloLens 2017)

비록 MR의 기술 개발은 VR과 비교할 때 아직 초기 단계로 볼 수 있지만, 사용자의 몰입도 및 상호작용 측면에서 VR의 한계점을 보완하며 우위를 가진다. 그림 1과 같이 VR은 컨트롤러와 같은 중간 매개체를 통해 가상 환경과 사용자 사이의 상호작용이 가능하지만, MR은 사용자가 착용한 장비를 통해 가상의 오브젝트를 인식한 뒤 상황에 적절한 직접적인 인터랙션 및 반

응을 나타낼 수 있다 (Bosché et al, 2015). 예를 들어, 사용자의 눈 앞에 폭발과 같은 가상의 위험 징후가 보일 때, VR에서는 이를 피하기 위해 사용자가 컴퓨터 키보드 등을 활용하여 가상 공간 속 아바타의 속도나 방향을 조절하여야 하나, MR의 경우 장비를 착용한 사용자가 위험을 피하기 위해 현실에서 실제로 달리거나 멈추는 등의 행동을 취하는 것이 가능하다.

III. 글로벌 연구 동향

1. VR (Virtual Reality) 관련 연구 동향

다른 산업과 마찬가지로 건설산업도 Information Technology (IT) 기술들을 프로젝트 관리에 본격적으로 활용함에 따라, VR 기술 적용 관련 연구 역시 2000년대 초반부터 진행되어 왔다. 특히 BIM과 같이 3D, 4D 상에서 프로젝트 정보를 모델링하는 기술의 경우 컴퓨터를 활용하여 모니터 내 가상의 공간에서 프로젝트 환경을 구현한다는 점에서 기존의 Desktop VR과 그 목적이 같다고 볼 수 있다. 이러한 기술과 더불어 더욱 몰입도 높은 환경에서 프로젝트 현장 관리, 작업자 안전 및 교육의 증진을 위한 immersive VR의 활용성 및 우수성은 이미 인정되었으며, 이와 관련한 다수의 연구들이 수행되어 왔다.

먼저, Sacks et al. (2015) 은 BIM, Discrete Event Simulation (DES), VR을 통합한 하이브리드형 실험 환경을 조성하여, 그림 4와 같이 가상의 프로젝트 현장에 작업 반장들의 아바타가 투입되고 그들이 주변 환경을 인지하고 상호작용하면서 내리는 의사결정의 영향을 DES로 분석하는 연구를 수행하였다. 또 다른 연구에서는 건설 현장 내 발생 가능한 위험 상황을 목격한 뒤 나타나는 작업자의 반응 및 행태 변화를 분석하기 위해 HMD를 착용한 건설 작업자에게 가상의 위험 상황(예: 트럭과 작업자 충돌, 감전 및 낙하 사고 등)을 보여주고, 이들의 생체 반응 신호를 실시간으로 수집 및 분석하였다 (Ergun 2015).

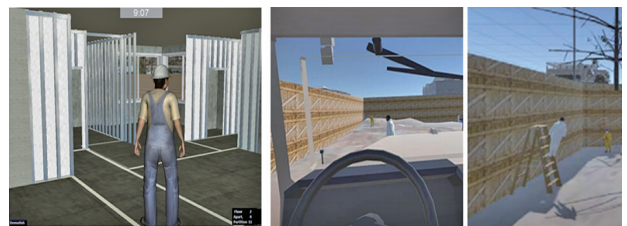


그림 4. VR 활용 연구 예시 (Ergun 2015; Sack et al, 2015)

이처럼 건설분야에서 VR을 활용한 연구들은 1) 컨트롤이 가능한 실험실 환경에서 수행이 가능하며, 2) 가상의 위험요소를 활용하여 실험 참여자들의 안전이 보장되고, 3) 자동으로 실시간 데이터 수집이 용이하며, 4) 데이터 수집을 위한 시간 및 비용이 비교적 적게 든다는 점에서 기존의 실험실 및 현장 실험의 한계점을 보완한다. 그러나 VR 기술은 건설 현장, 작업자, 장비 등의 오브젝트가 가상의 현장에 존재함에 따라 실제의 모습과는 시각적인 측면에서 차이점을 가지고, 사용자의 반응이 그림 1과 같이 추가적인 장비(컨트롤러) 등으로 전달되어 실험 결과에 영향을 미칠 수 있다는 취약점을 가진다.

2. MR (Mixed Reality) 관련 연구 동향

MR 관련 기술 중 AR의 경우 2000년대 초반부터 건설분야 내 적용 가능성과 관련한 연구들이 시작되었으며, 산업 내 기술 도입을 위한 다양한 가이드라인들이 소개되었다 (Wang and Dunston 2006; Kamat and El-Tawil 2007). 이러한 기초 연구들이 진행된 이후 Bosché et al. (2015) 은 MR 환경을 구현하는 HMD를 활용하여 더욱 현실적인 가상의 환경 내에서 건설 작업자를 훈련하기 위한 기술을 개발하였다 (그림 5 좌측). 해당 연구에서 실험 참가자는 MR 장비를 통해 건설현장 내 높은 비계에서 작업을 진행하는 가상 환경을 체험하며, 참가자가 실제로 위치한 실험실 바닥에 놓인 벽돌로 조적 작업을 하는 행동을 동시에 수행할 수 있다 (Bosché et al. 2015). 이를 통해 고층에서 일하는 건설 작업자가 느끼는 리스크와 유사한 느낌을 안전한 환경 속에서 체험할 수 있게 된다. 이 외에도 건설 장비의 배치 및 작동과 관련하여 AR을 활용한 연구들이 수행되었으며, 이들은 프로젝트 진행 상황 및 작업 환경 등을 고려하여 AR 환경 안에서 사용자가 다양한 장비 운용 계획 시나리오를 테스트하고, 최적 대안을 찾는 것을 목표로 한다 (그림 5 우측) (Hammad et al. 2009; Kim et al. 2012).

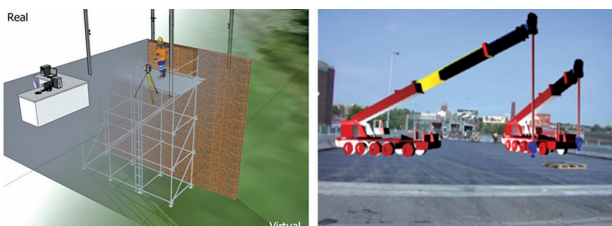


그림 5. MR 활용 연구 예시 (Hammad et al. 2009; Bosché et al. 2015)

이와 같이 MR 기술을 활용한 연구들은 VR 기술이 가진 장점

과 더불어 가상의 오브젝트들과 사용자의 직접적인 인터랙션이 가능하다는 특징으로 인해 작업자의 훈련 및 교육용으로 다수의 연구에서 적용되어 왔다. 이러한 장점은 건설 작업의 학습 및 훈련 등을 목적으로 할 경우 높은 몰입도와 참가자의 적극적인 참여로 인해 효과적인 기술 습득에 큰 도움을 줄 수 있다 (Wang and Dunston 2005; Pan et al. 2006; Bosché et al. 2015). 또한, 실제 환경-가상의 오브젝트 혹은 가상 환경-실제 오브젝트 사이의 인터랙션이 가능하다는 점에서 다이내믹하게 변화하는 현장의 환경 및 작업 진행 성과를 고려하여 다양한 시나리오를 테스트할 수 있다는 장점을 가진다 (Kim et al. 2012). 그러나 이러한 기술은 사용자의 움직임에 정확하고 신속하게 파악해야 하며, 적절한 FOV (Field of View), 실제 시야와 가상 오브젝트 간의 캘리브레이션 (calibration) 및 초점 조정 등이 주요 이슈들의 지속적인 보완이 필요하다.

IV. 결론

본 고에서 간략하게 소개하였듯이 VR 및 MR 관련 기술은 신기술의 적용이 비교적 더디고 보수적인 건설 산업에서도 그 우수성 및 필요성을 인정받고, 프로젝트 관리를 위한 보조 기술로써 널리 활용되고 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 실험 데이터의 신뢰도를 높이기 위해 사용자가 체험하는 가상 공간 및 오브젝트들의 몰입도 및 현실성을 증진하고, 사용자의 반응을 정확하고 신속하게 파악하기 위한 기술의 연동 및 개발 역시 향후 연구를 위해 남겨진 과제라고 생각된다. 이러한 지속적인 VR·MR 관련 기술 개발 및 연구 수행은 현장 작업자의 훈련 및 교육을 안전하고 효과적으로 수행하고, 적은 비용으로 다양한 프로젝트 관리 시나리오 및 대안들을 테스트하며, 손쉽게 빠르게 실험 데이터를 수집할 수 있는 연구 환경을 조성하는데 큰 도움이 될 것이라 예상된다.

참고문헌

Barfield, W., and Danas, E. (1996). "Comments on the use of olfactory displays for virtual environments." Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 5, 109-121.

Bosché, F., Abdel-Wahab, M., and Carozza, L. (2015). "Towards a Mixed Reality System for Construction Trade Training." Journal of Computing in Civil Engineering,

30(2), 04015016.

Bouchlaghem, N. M., and Liyanage, I. G. (1996). Virtual reality applications in the UK's construction industry. CIB REPORT, 89–94.

Boyle, L. N., and Lee, J. D. (2010). "Using driving simulators to assess driving safety." *Accident Analysis and Prevention*, 42, 785–787.

Ergun, H. (2015). *Monitoring Physiological Reactions of Construction Workers in Virtual Environment: A Feasibility Study Using Affective Sensing Technology*, Master Thesis, Florida International University.

Froehlich, M. A., and Azhar, S. (2016). "Investigating Virtual Reality Headset Applications in Construction." 52nd ASC Annual International Conference Proceedings.

Hammad, A., Wang, H., and Mudur, S. P. (2009). "Distributed augmented reality for visualizing collaborative construction tasks." *Journal of computing in civil engineering*, 23(6), 418–427.

Kamat, V. R., and El-Tawil, S. (2007). "Evaluation of augmented reality for rapid assessment of earthquake-induced building damage." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 21(5), 303–310.

Kim, I. H., Kim, J. W., Haufe, S., and Lee, S. W. (2015). "Detection of braking intention in diverse situations during simulated driving based on EEG feature combination." *Journal of neural engineering*, 12(1), 016001.

Kinateder, M., Ronchi, E., Nilsson, D., Kobes, M., Müller, M., Pauli, P., and Mühlberger, A. (2014). "Virtual reality for fire evacuation research." In *2014 Computer Science and Information Systems (FedCSIS) Conference*, IEEE, 313–321.

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., and Kishino, F. (1995). "Augmented reality: A class of displays on the reality–virtuality continuum." In *Photonics for industrial applications*, 282–292.

Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., and Shi, J. (2006). "Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments." *Computers & Graphics*, 30(1), 20–28.

Richard, E., Tijou, A., Richard, P., and Ferrier, J.–L. (2006). "Multi-modal virtual environments for education

with haptic and olfactory feedback." *Virtual Reality*, 10, 207–225.

Sacks, R., Gurevich, U., and Belaciano, B. (2013). "Hybrid discrete event simulation and virtual reality experimental setup for construction management research." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(1), 04014029.

Wang, X., and Dunston, P. S. (2006). "Potential of augmented reality as an assistant viewer for computer-aided drawing." *Journal of Computing in Civil Engineering*, 20(6), 437–441.

Wiederhold, B. K. and Wiederhold, M. D. (2010). "Virtual Reality Treatment of Posttraumatic Stress Disorder Due to Motor Vehicle Accident." *Cyberpsychology Behavior and Social Networking*, 13, 21–27.

■ 최민지 E-mail: mjchoi7@snu.ac.kr