

# 증강 현실 광학 시스템의 기하 광학 기반 광 분포 분석

## Geometrical optical analysis of light distribution of augmented reality optical system

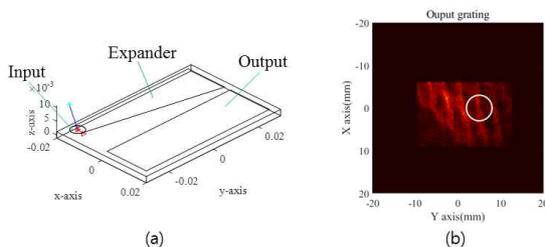
최정범, 박종하, 김수빈, 김휘\*,  
고려대학교 과학기술대학 전자·정보공학과  
[hwikim@korea.ac.kr](mailto:hwikim@korea.ac.kr)

**Abstract**— 본 논문에서는 기하광학을 기반으로 증강현실 디스플레이의 기초 모델링과 광 분포 분석하고, 궁극적으로는 이상적인 증강현실 디스플레이의 광학계를 위한 설계 조건을 제시한다.

### I. 서론 및 배경

최근 4차 산업혁명 트렌드 기술인 증강현실 (Augmented reality) 디스플레이에 대한 연구가 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 증강현실 디스플레이는 광학 설계에 있어 접힌 자유 곡면 (Freeform) 광학계가 오랫동안 연구되어 왔는데, 최근 광학계의 폼팩터 (Form-factor)를 극단적으로 줄이기 위해 회절광학소자 기반의 평판집적광학 기술이 도입되었다.[1] 이에 따라 회절광학소자 기반으로 하는 증강현실 디스플레이의 광학계를 설계하기 위해 고려해야 할 조건 세 가지를 뽑자면, FOV(Field of view), 광 효율, 폼팩터를 뽑을 수 있다. 이 중 광 효율에 대한 연구는 산업적인 측면에서 가장 중요하다고 볼 수 있으며, 관련 연구 또한 미약한 실정이다. 본 논문에서는 증강현실 디스플레이의 광 효율에 대한 연구의 일환으로 증강현실 디스플레이 광학계의 광 분포를 분석하였다.

### II. 연구 내용 및 결과



[그림1] (a) 증강현실 디스플레이 광학계의 기초 모델 (b) 출력 격자 구조의 광 분포 시뮬레이션

증강현실 디스플레이 광학계의 광 분포를 분석하기 위해 [그림1] (a)와 같은 기초 모델을 설계하였다. 입력, 확장, 출력의 세 격자 구조로 이루어져 있으며 각각의 기능은 다음과 같다. 입력 격자 구조에 빛이 통과하면 빛이 확장 격자 구조 방향으로 회절이 된다. 회절된 빛들은 확장 격자 구조에 의하여 출력 격자 구조 방향으로 회절이

되면서 동시에 복제가 된다. 복제된 빛들은 다시 확장 격자 구조에 의하여 회절과 복제를 반복하게 되고, 출력 격자 구조에 입사한 빛들은 입력된 빛과 평행한 방향으로 출력이 된다. 이를 통해 하나의 빛이 수많은 빛들로 복제되어 출력이 되어서 FOV를 형성하게 된다.

[그림1] (b)에서 앞에서 설계한 기초 모델의 광 추적 시뮬레이션을 통해 얻어진 출력 격자 구조의 광 분포 시뮬레이션을 보여주고 있다.[2] 회절 광학 소자를 사용하는 waveguide 타입의 증강현실 디스플레이는 광이 격자 구조나 외벽에 부딪히는 횟수가 많을수록 광 효율이 떨어지게 된다. 따라서 [그림1] (b)와 같이 광 분포가 균등하지 않게 나오게 되며 디바이스의 두께가 작으면 작을수록 광세기가 줄어들게 된다. 하지만 이러한 점 때문에 디바이스의 두께를 더 크게 설계하면 출력 격자 구조에서의 광원들의 거리가 멀어져 FOV에 영향을 끼치게 되고, 또한 폼팩터가 커지는 문제도 발생하게 된다. 따라서 산업 수준의 FOV와 폼팩터를 포용할 수 있고 높은 광 효율까지 뽑아낼 수 있는 최적의 두께를 판별하는 것이 중요하다. 또한 출력 격자 구조에서의 광 분포가 균등해지기 위해 격자 구조를 불균등하게 설계해야 하며 이 또한 본 연구에서 다루도록 한다.

본 논문에서는 기하광학을 기반으로 증강현실 디스플레이의 기초 모델링과 광 분포 분석하고, 궁극적으로는 이상적인 증강현실 디스플레이의 광학계를 위한 설계 조건을 제시한다.

[1] Levola, Tapani, and Viljakaisa Aaltonen. "Near-to-eye display with diffractive exit pupil expander having chevron design." *Journal of the Society for Information Display* 16.8 (2008): 857-862.

[2] H. Kato, M. Billinghamurst, "Marker Tracking and HMD Calibration for a video-based Augmented Reality Conferencing System", *Proceedings of IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR)*, pp. 85-94, October 1999.