

도파관 디스플레이에서 대면적 컴퓨터 생성 홀로그램 재구성을 위한 파동 광학 기반 병렬 처리 기법

Wave optic-based parallel implementation for large-scale computer-generated hologram reconstruction in waveguide display

나세환, 최명규, 김휘*
고려대학교 세종캠퍼스 전자정보공학과
*hwikim@korea.ac.kr

Abstract— 본 논문에서는 도파관 디스플레이에서 대면적 컴퓨터 생성 홀로그램 재구성을 위한 파동 광학 기반의 병렬 처리 기법을 소개한다. 제안 기법은 국소화 계산 방식을 통해 계산량을 줄이고 병렬 처리를 통해 대면적 홀로그래픽 이미지를 관측할 수 있을 것이다.

I. 서론 및 배경

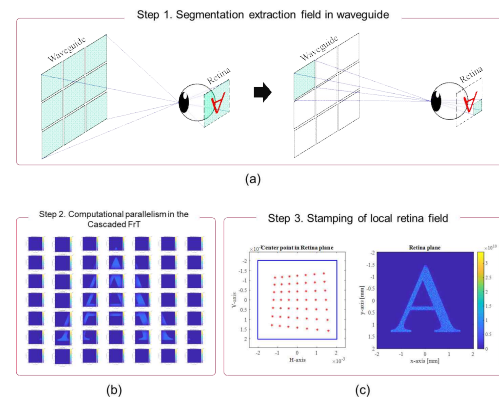
최근 메타버스의 기반이 되는 홀로그래픽 증강현실(Augmented Reality, AR) 근안 디스플레이(Near Eye Display, NED)와 헤드업 디스플레이(Head-Up Display, HUD) 기술에 대한 요구가 높아지고 있지만, 실제 대면적 크기를 갖는 디스플레이를 파동 광학적으로 해석하는 것은 컴퓨터 연산 능력의 한계로 어려움이 있다. 컴퓨터 시뮬레이션에서 대면적 홀로그램을 생성하거나 관측할 때, 해상도가 클수록 계산량이 기하급수적으로 증가하며 메모리 부족 현상이 발생한다. 최근 계산량 감소를 위한 알고리즘이 일부 제안되고 있지만, 여전히 대면적 홀로그램을 효율적으로 해석하는 방법은 아직 제안된 바 없으며 초고해상도 대면적 홀로그래픽 필드를 엄밀하게 해석하기 위해서는 파동 광학적 접근이 필요하다⁽¹⁾. 따라서, 본 논문에서는 도파관 기반의 디스플레이에서 대면적 홀로그래픽 필드를 파동 광학적으로 관측하기 위한 병렬 계산방법을 제안하고 수치 해석 시뮬레이션을 통해 제안 방법의 타당성을 검증한다.

II. 연구 내용 및 결과

[그림 1] (a)는 병렬 연산을 위한 도파관 디스플레이에서 대면적 컴퓨터 생성 홀로그램의 국소화 계산과 관측 도식을 나타낸다. 국소화 계산은 도파관 구조로부터 동일한 컴퓨터 생성 홀로그램이 복제된 개수만큼 국소 영역으로 나눌 수 있으며 제로 패딩을 갖는 국소 필드를 관측자로부터 위치를 정의할 수 있다.

다음 단계로, 도파관 평면에서 정의된 국소 필드들은 안구 관측의 수학적 모델인 계단식 프레넬 변환의 병렬 연산을 통해 망막 평면으로 전파된 국소 망막 필드 분포를 각각 계산할 수 있다. [그림 1] (b)에서 안구 관측 모델을 이용하여 망막 평면으로 전파된 국소 필드 결과들을 보여준다.

마지막으로 망막 평면에서 관측된 국소 필드들을 중첩하여 전체 관측 필드를 구성한다. [그림 1] (c)에서 보듯이, 도파관 평면에서의 국소 필드 위치와 도파관 구조의 내부 광 경로 때문에 망막 평면에서 중첩 위치는 비등간격으로 형성되는 것을 확인할 수 있다. 계산된 중첩 위치를 고려하여 관측된 국소 필드를 중첩하면 왜곡 없는 홀로그래픽 이미지를 관측할 수 있다.



[그림 1] (a) 도파관 디스플레이에서 대면적 홀로그래픽 필드의 국소화 도식, (b) 병렬 계산을 통해 관측된 국소 망막 필드 결과 및 (c) 중첩 결과

결론적으로, 본 연구에서는 도파관 디스플레이에서 대면적 컴퓨터 생성 홀로그램에 대한 파동 광학적 관측을 병렬 연산을 통해 계산량 증가 및 메모리 부족 현상을 개선하는 기법을 제안하고 시뮬레이션 분석 결과를 제시하였다.

사사

This work was supported by Institute of Information & Communications Technology Planning & Evaluation (IITP) grant funded by the Korea government (MSIT)(No. 2020-0-00914, Development of hologram printing downsizing technology based on holographic optical element(HOE))

참고문헌

- [1] Jongha Park, Joonku Hahn, and Hwi Kim. "Parallel Synthesis Algorithm for Layer-based Computer-generated Holograms Using Sparse-field Localization." *Current Optics and Photonics* 5, 672-679 (2021).