

DC 노이즈가 제거된 홀로그래픽 이미징을 위한 two-step iterative Fourier transform algorithm

Two-step iterative Fourier transform algorithm for zero-order DC noise free holographic imaging

박요한¹, 조재범², 최수진¹, 김 휘^{1*}

고려대학교 세종캠퍼스 전자및정보공학과¹

고려대학교 전기전자전파공학부²

hwikim@korea.ac.kr

Abstract

Two-step iterative Fourier transform algorithm for designing computer generated holograms generating zeroth order DC noise free holographic images is proposed. In the proposed scheme, it is assumed that non-diffracting zeroth order DC noise component is spherically converged and the focused zeroth order DC noise is filtered out by a amplitude rejection filter. The blocking filter is an obstacle to diffracting signal field forming desired diffraction images at image plane. To compensate the blocking effect of the amplitude rejection filter at the filtering plane, the two-step iterative Fourier transform algorithm is devised. The proposed scheme and algorithm is experimentally demonstrated with numerical simulations.

디지털 홀로그래픽 이미징 기술은 3D 이미지 광파(3D light field)를 가장 입체감 있게 재생할 수 있는 차세대 3D 디스플레이 기술이다.

디지털 홀로그래픽 이미징에서 필수적으로 사용되는 공간 광 변조기 (Spatial Light Modulator; SLM)는 입사광의 진폭 또는 위상 변조를 통해 3 차원 이미지 정보를 가진 광파를 공간상에 생성한다. 이상적으로 SLM 은 입력광파의 진폭과 위상을 모두 제어할 수 있는 복소변조기능을 갖춰야 하지만, 현재까지의 기술로는 위상변조 또는 진폭변조만을 하는

SLM 이 개발되어 있는 실정이다. 최근 홀로그래픽 3D 디스플레이가 재조명을 받게 되면서, 복소변조 SLM 에 대한 연구가 활발하고 머지않아 상용화된 복소변조 SLM 이 등장할 것으로 기대된다.

위상 변조 SLM을 통해 최적의 3D 영상을 재생하기 위해서는 computer generated hologram (CGH)의 최적화 알고리즘이 필요하다.^[1]. 그런데 CGH를 최적설계를 했다고 하더라도 실제 SLM에 CGH 정보를 띄우게 되면 다양한 물리적인 오차에 의해 재생된 홀로그래픽 광파 분포에 영상 노이즈가 발생하게 된다.

대표적인 것이 0차 DC 영상 노이즈와 트윈 이미지 노이즈인데, 편광의 변화에 의한 오차 및 변조하는 과정에서 생기는 오차로 인해 이상적인 위상 변조가 이뤄지지 않아 이러한 영상 노이즈가 발생한다. 특히, DC 영상 노이즈의 경우, 유한한 fill-factor를 가진 SLM의 BM(black matrix) 영역이 입사 광파를 회절시키지 않는 영역 (Non-diffracted area)이 되어 0차 DC 노이즈의 주된 원인이 된다.

본 논문에서는 0차 DC 노이즈를 없애주기 위해서 SLM과 이미지 평면 사이에 DC 노이즈 필터를 삽입하고 이러한 시스템 구조에서 동작하도록 설계된 새로운 iterative Fourier transform algorithm (IFTA)를 제안한다.

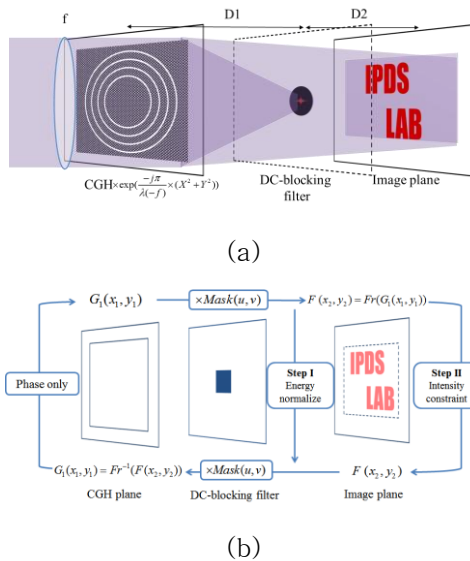


그림 1. (a) 0차 DC 필터와 수렴하는 구면광파로 구성된 홀로그래픽 이미징, (b) 제안된 two-step iterative Fourier transform algorithm의 개념

그림1(a)에서 제안된 홀로그래픽 이미징 시스템 구조를 보였다. SLM 앞에 초점 f인 단렌즈를 놓아 입사된 평면파를 D1 거리에서 한 점으로 모이도록 하였는데, 이는 SLM에서 회절

되지 않는 영역에서 발생하는 영차-노이즈를 한 점으로 모아 필터를 통해 제거하기 위함이다. SLM에는 수렴하는 구면파를 평면파로 만들어주는 오목 렌즈 프로파일이 회절을 겪는 광파 성분을 다시 평면파로 만든다. 이때 형성된 평면파는 DC 노이즈 없이 100% 회절변조를 겪을 수 있는 광파 성분이라고 할 수 있다. 보상용 오목렌즈 프로파일에 평면파 입사를 기준으로 최적화된 CGH를 멀티플렉싱하여 올리게 되면 이미지 평면에 0차 DC 노이즈가 제거된 홀로그래픽 이미지를 결상할 수 있게 된다. 그림 1(b)에는 DC 노이즈 제거 필터의 shadow를 보상하면서 이미지 평면에 원하는 이미지를 결상하는 CGH 최적화를 위한 two-step IFTA 알고리즘 구조를 보였다. 그림 2에서는 기존 IFTA와 제안된 IFTA의 결과를 비교하여, 제안된 IFTA를 통해 DC 노이즈가 효과적으로 제거됨을 보였다.

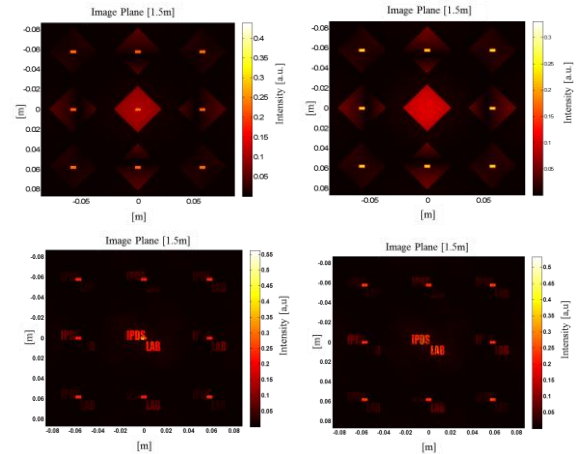


그림 2. (a) 기존 IFTA 결과 (b) 제안된 two-step IFTA 결과

[1] H. Kim and B. Lee, "Optimal non-monotonic convergence of iterative Fourier transform algorithm," Opt. Lett. 30, pp. 296-298 (2005)