

다수의 홀로그램 깊이 영상 합성을 통한 완벽한 3D 데이터의 취득에 대한 연구

*조정근, *이호동, **손정영, *박민철
*한국과학기술연구원, **대구대학교

*wjdrms87@kist.re.kr

Integration of Depthmap Images from Microscopic Hologram System

*Cho, Jung-Gyn, *Lee, Ho-Dong, **Son, Jung-Young, *Park, Min-Chul
*Korea Institute of Science and Technology, **Daegu Univ.

요약

디지털 홀로그래피는 CCD를 이용하여 간섭 패턴을 기록하고 기록된 간섭무늬에 담겨진 물체의 정보로 입체영상을 복원하는 기술을 말하며, 현미경을 이용한 디지털 홀로그래피 기술은 3D 형상 복원이나 바이오포토닉스 등 다양한 분야에서 사용되고 있다. 하지만, 디지털 홀로그래피 기술은 촬영된 간섭패턴에서 픽셀의 위상차가 레이저 파장의 1/2 이상일 경우, 기존의 phase unwrapping 알고리즘으로는 해당 픽셀의 위상차이를 계산할 수 없는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 다수의 홀로그램 영상과 깊이맵을 사용하여 완전한 형태의 깊이맵을 구하는 방법을 제안한다.

1. 서론

홀로그래피 기술들 중 디지털 홀로그래피라 일컫는 컴퓨터를 이용한 홀로그램을 재구성 기술은 30년 전 Goodman과 Laurence[1] 그리고 Kronrod[2]에 의해 제안되었다. 디지털 홀로그래피 기술은 광학장비로 간섭 패턴을 측정하는 방식이 아닌 전자 기기로 간섭 패턴을 기록하는 방식으로 홀로그래피의 간섭 패턴을 CCD(Charged coupled device) 카메라에 기록하여 대상 물체의 홀로그램 데이터를 실시간으로 얻는 기술을 말한다. 이러한 디지털 홀로그래피 기술은 비파괴 검사, 암호화 기술, 3차원 인식(3D Vision) 그리고 홀로그램 현미경 분야에서 실용화 기술에 근접하는 연구가 진행되어 오고 있다.

디지털 홀로그래피 기술은 홀로그램 데이터가 컴퓨터에 저장되기 때문에 고전 홀로그래피에서는 할 수 없었던 실시간 기록이 가능하다는 큰 장점이 있으며, 컴퓨터를 통해 수치적으로 복원된 홀로그래피 이미지는 CCD를 통해 찍힌 파동의 위상과 진폭 모두를 알 수 있기 때문에 최근까지 많은 연구가 진행되고 있다[3].

하지만 일반적인 디지털 홀로그램 현미경을 이용하여 측정 대상체의 3차원 데이터를 얻을 때, 측정 대상체의 표면에 수직의 단차(수직계단)가 존재할 경우, 이의 단차를 현재의 Phase unwrapping 알고리즘 방법으로는 계산해 낼 수 없다. 즉, 이웃하는 픽셀의 위상차가 레이저 파장 크기의 1/2 이상일 경우, 수직단차가 존재하는 부분에서 나타나는 급격한 높낮이의 차이를 계산할 수 없기 때문이다. 이는 현재의 IC들이나 RAM등의 제작물들이 인위적인 제작물이기에 대부분 수직인 구조물로 이루어져 있고, 때문에 이러한 대상물체의 높낮이를 기존의 phase unwrapping 알고리즘으로 계산할 수 없다. 이에 본 논문에서는 레이저 파장의 1/2이 넘는 수직의 단차가 존재하는 대상물에서도 그 높이를 계산할 수 있는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 대상 물체를 회전시켜가며 다수의 깊이맵을 얻고, 얻어진 다수의 깊이맵을 조합함으로써 완벽한 형태의 깊이맵을 구성한다.

2. 전체 시스템

그림 1은 본 논문에서 사용된 디지털 현미경을 이용한 홀로그램 시스템이고 그림 2는 디지털 현미경 홀로그램 시스템의 block diagram이다. 본 논문에서 제안된 디지털 홀로그램 시스템에는 셔터가 장착되어 있으며, 홀로그램이미지(그림 3.(a))는 시스템의 셔터가 열릴 때 얻을 수 있으며 현미경을 통한 일반 디지털 이미지(그림 3.(b))는 셔터가 닫힐 때 얻을 수 있다. 이 일반 디지털 이미지는 특징점을 찾는 데 사용한다.

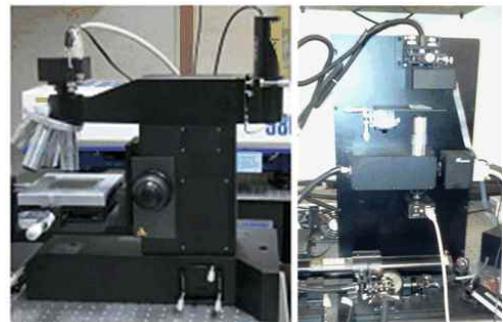


그림 1. 디지털 현미경을 이용한 홀로그램 시스템

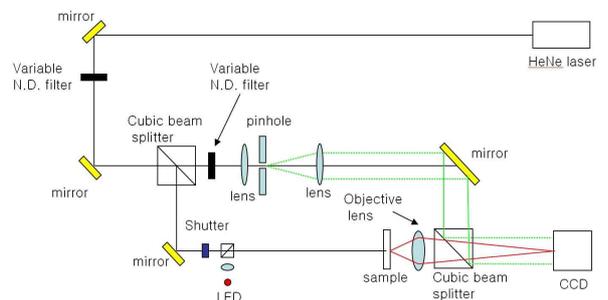


그림 2. 디지털 현미경 홀로그램 시스템의 블럭도

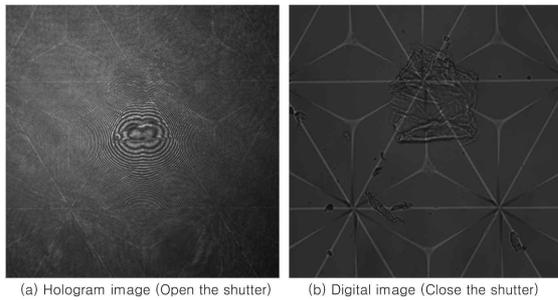


그림 3. 같은 위치에서 촬영된 홀로그램 이미지와 일반 디지털 이미지

3. 알고리즘 설명

디지털 홀로그램 이미지를 통해 깊이맵을 생성할 수 있지만 만약 인접 픽셀과 레이저 파장의 1/2 이상의 차이가 난면 인접한 픽셀간의 높낮이를 계산할 수 없게 된다. 그림 4는 이러한 문제점을 나타낸다.

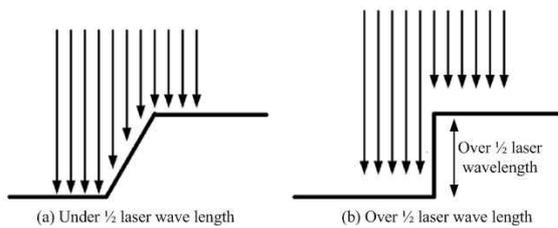


그림 4. 위상 차이에 따른 2가지 경우

위와 같은 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 다수의 깊이맵을 사용하여 위의 문제를 해결하고자 한다. 완벽한 깊이맵을 구성하기 위해 통합 알고리즘은 다음과 같다.

첫 번째로 물체를 기울여 홀로그램 H_1 을 얻고 홀로그램 영상을 통해 깊이맵 D_1 을 생성한다. 두 번째로 물체를 다른 방향으로 기울여 마찬가지로 홀로그램 H_2 와 깊이맵 D_2 를 얻는다. 세 번째로 D_1 과 D_2 를 통해 회전과 이동에 대한 벡터를 구한다. 마지막으로 이 벡터를 통해 D_1 과 D_2 를 통합한다. 그림 5는 상기한 알고리즘을 그림으로 설명한 것이다.

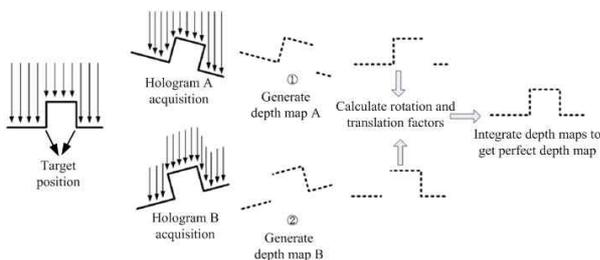


그림 5. 물체의 완벽한 depth map 생성 순서

하지만 깊이맵은 클라우드 포인트로 구성되어 지며 회전과 이동에 대한 벡터를 클라우드 포인트로부터 직접적으로 얻을 수는 없다. 또한 홀로그램을 이미지를 통해 특징점을 추출하는 것은 너무 많은 노이즈로 인해 정확히 계산되지 않는다. 때문에 본 논문에서는 2D 이미지를 사용

하였다. 방법은 다음과 같다. 첫 번째로 2D 이미지를 깊이맵에 겹친다. 두 번째로 SIFT 알고리즘[4] 을 사용하여 서로 일치하는 특징점을 추출한다. 마지막으로 추출된 3차원 점에서 같은 위치의 점을 선택한다. 마지막으로 선택된 특징점 위치의 3차원 포인트들을 이용하여 회전과 이동에 관한 벡터를 구한 후, 두 개의 깊이맵 영상을 조합한다.

4. 실험결과

다음 그림 7은 제안된 방법을 사용하여 구성된 깊이맵을 보여주고 있다. 실험에서 보이는 바와 같이 제안된 알고리즘이 두 개의 클라우드 포인트로 구성된 두 개의 깊이맵을 합성하여 하나의 깊이맵을 만드는 것을 보여주고 있다.

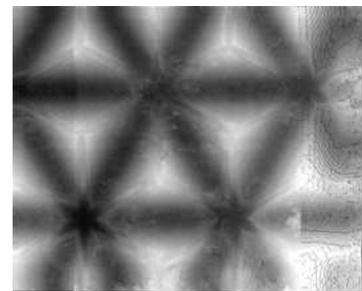


그림 6. 다수의 깊이맵을 사용하여 구성된 깊이 맵

5. 결론

본 논문에서는 디지털 홀로그램 현미경 시스템에서 촬영된 간섭패턴에서 픽셀의 위상차가 레이저 파장의 1/2 이상일 경우, 기존의 phase unwrapping 알고리즘으로는 해당 픽셀의 위상차이를 계산할 수 없는 문제점을 해결하기 위해 다수의 깊이맵을 사용하여 완전한 형태의 대상물체의 클라우드 포인트를 얻는 방법에 대하여 제안하였다. 실험결과는 제안된 방식이 효율적으로 완전한 형태의 깊이맵을 얻는 것을 보여주고 있다.

6. 참고 문헌

[1] J. W. Goodman and R. W. Lawrence, "Digital image formation from electronically detected holograms," Appl. Phys. Lett. 11, 77 - 79 (1967).
 [2] M. A. Kronrod, N. S. Merzlyakov, and L. P. Yaroslavskii, "Reconstruction of a hologram with a computer," Sov. Phys. Tech. Phys. 17, 333 - 334 (1972).
 [3] Jingbo Liu, Xiufa Song, Min Huang, Huaying Wang, "Digital Holography Used for Shape Measurement of Microscopic Object," icmtma, vol. 2, pp.58-61, 2009 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2009
 [4] Ki-Soo Lee, "Viewpoint Adaptive Object Recognition Algorithm and Comparison Experiments", Department of Mechatronics Engineering Graduate School, Korea University, a thesis of MS degree, 2007