

디지털 홀로그래피 측정 정밀도 향상 방법 연구 Improving Method of the Precision Measurement for Digital Holography

*이찬희¹, #최우천²

*C.H. Lee¹(leecle@naver.com) W. C. Choi (Wcchoi@korea.ac.kr)²

¹ 고려대학교 기계공학과 대학원, ² 고려대학교 기계공학과

Key words : digital holography , spinning table , image processing

1. 서론

디지털 홀로그래피(digital holography)에서는 기존의 홀로그래피에서 필요한 화학적 홀로그램 생성 과정을 생략할 수 있어서 결과를 빨리 얻을 수 있다. 컴퓨터 연산 속도가 증가하고 홀로그래피 영상 획득 장치의 발전으로 인해 디지털 홀로그래피 기술은 여러 분야에 매우 유용한 측정도구가 되고 있다.[1-4]

기존의 비접촉식 3 차원 측정기들인 공초점 방식은 광학 시스템의 복잡성으로 인해 설치의 어려움이 있고 백색광 시스템은 느린 측정 속도의 문제점을 가지고 있다. 이러한 기존의 방식의 문제점을 해결하기 위해 디지털 홀로그래피 기술을 채택했다. 디지털 홀로그래피 방식은 빠른 측정속도와 시스템의 간편성 그리고 높은 수직 해상도를 가지는 장점이 있으나 영차 회절광 문제나 허상 문제 등의 홀로그래피 방식이 가지고 있는 근본적인 문제들로 인해 다른 측정 방식보다 신호대 잡음비가 좋지 않아 측정도구로서 실용화의 문제점으로 인식되어 왔다.

이러한 문제점의 해결방안으로 위상천이 방식이 나오면서 기존의 방식보다는 훨씬 선명한 상을 구현할 수 있게 되었다. 그러나 이러한 위상천이 방식은 홀로그램의 영차 회절광과 허상 문제와 같이 큰 잡음 등은 제거 했지만 수치적 재생된 상에서의 물체상의 윤곽석등에 생기는 부분 부분의 잡음 등은 제거되지 않았다.

정확한 물체의 위치정보를 얻기 위해서는 단순히 홀로그램의 문제점인 영차 회절광 제거나 허상 제거를 통한 방식으로 측정 물체의 선명도를 증가 시키는 것이 아니라 좀더 새로운 방식으로 측정물체의 정확한 위치 정보를 획득할 수 있는 접근 방식이 필요하게 되었다.

이러한 새로운 접근 방식으로 측정 물체의 많은 홀로그램상을 얻는 방식을 제안 하는데 정확한 물체 정보를 얻기 위해 스피닝 테이블을 이용해 물체를 회전시켜 여러 각도에서 보다 다양한 홀로그램상 얻고 다양한 홀로그램상을 통해 수치적 재생 프로그램으로 재생 시켜 물체의 중요 포인트 등의 정보를 이미지 처리를 통해 얻는다. 이렇게 얻어진 물체의 정보 데이터를 다른 각도에서 얻은 정보와 비교해서 재생된 상의 잡음으로 인한 물체 정보의 오차를 제거하는 방식으로 디지털 홀로그래피에서의 측정 정밀도를 향상 시켰다.

2. 장치구성

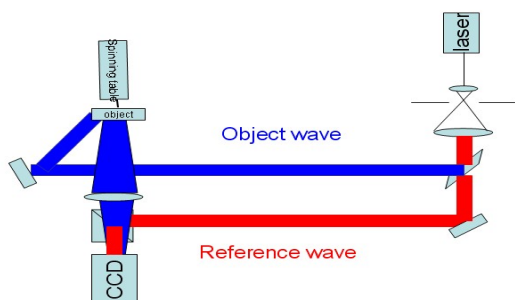


Fig. 1 Schematic of digital holography

연구에서 구성하고자 하는 장치의 개념도가 Fig. 1 에 나타나있다. 레이저에서 나온 빔은 spatial filter 를 거쳐 확장되어 평면광을 만들고 빔스플리터로 참조광과 물체광으로 나누어져 참조광 미러를 거쳐 방향을 바꾼 후 CCD 에 다다른다. 이와 함께 빔스플리터를 통과한 물체광은 물체를 비추고, 반사된 빛이 빔스플리터를 통과하여 CCD 도착한다. 두 빛이 합쳐져 홀로그램을 만들고 이러한 홀로그램 이미지는 컴퓨터를 통해 저장된 후 수치적 재생을 통해 상을 만든다.

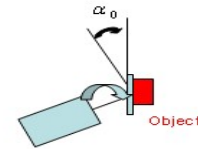


Fig. 2 Spinning table

기존의 홀로그래피 방법과 다른 점은 스피닝 테이블을 사용해서 여러 각도에서 물체의 홀로그램을 얻는다는 것이다. Fig. 2 에서 나타난 스피닝 테이블의 평면이 회전축에 수직인 평면과 α_0 만큼 기울어지게 설치되어 있다. 이로 인해 회전에 따라 테이블 평면의 각도가 변한다. 일정한 간격으로 회전한 후 정지하고 측정을 하며 이 과정을 반복한다. 예를 들어 40° 간격으로 회전시킨다면 1 회전 동안 9 번 측정이 이루어진다. 테이블의 기울어진 각도 α_0 의 적절한 값은 여러 실험을 통하여 결정한다. 이렇게 각도가 달라진 테이블 위의 물체에 물체광이 입사되면 각도에 따라 반사각이 달라진다. 반사된 물체광은 CCD 근처의 빔스플리터에서 참조광과 함께 합쳐진다. 이렇게 하여 물체의 여러 면에서의 홀로그램을 얻을 수 있고, 이와 같은 방식으로 얻어진 홀로그램으로 측정 정밀도를 향상 시킬 수 있다.

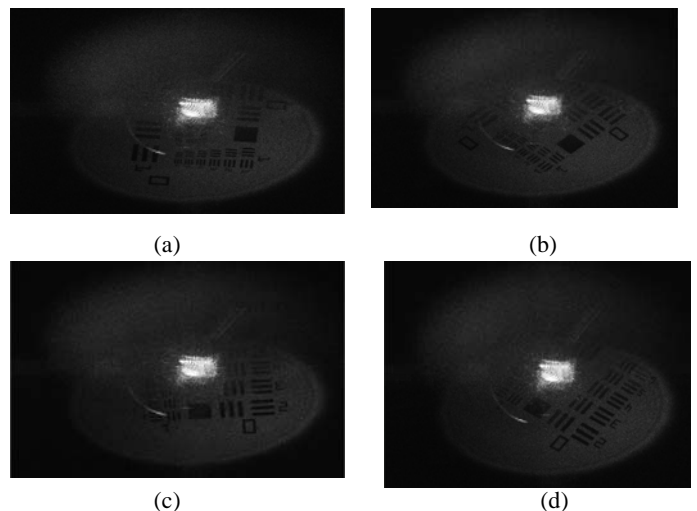


Fig. 3 비틀림각 α_0 를 5° 만큼 기울인 후 회전간격을 40° 씩 (a) 0° , (b) 40° , (c) 80° , (d) 120° 간격으로 회전시킨 후 얻은 홀로그램을 수치적으로 재생한 상

3. 이미지 처리 방법

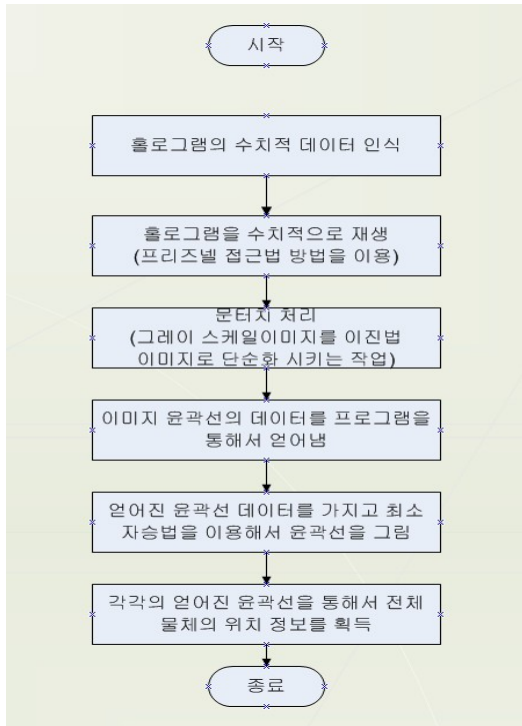


Fig. 4 재생된 홀로그램에서 데이터를 얻어 내기 위한 프로그램 순서도

디지털 홀로그래피 장치를 통해 얻어진 CCD 이미지를 Fig. 4 의 순서도처럼 먼저 홀로그램 이미지 데이터를 행렬 형태의 데이터로 변환 한다. 그 후, 홀로그램 재생프로그램 (프리즈널 방식)에 돌려서 재생된 상을 얻어낸다. 얻어진 재생상을 문터치 처리를 통해서 이진수 이미지로 변환한다. 작성한 이미지 처리 프로그램을 통해서 물체의 경계면 정보를 추출해 낸다.

물체 형상의 경계선 데이터를 얻어내면 잡음으로 인해 생긴 불규칙적인 경계선 데이터 정보가 함께 얻어진다. 이러한 데이터의 오차를 최소화 하기 위해 최소 자승법을 통해 데이터를 보간 해서 최적의 경계선들을 찾아낸다. 최적의 경계선 정보를 통해 오차를 최소화 시킨 물체의 경계면 정보를 얻어 낼 수 있다.



Fig. 5 이미지를 처리를 하기 위해 Fig3 의(a) 그림의 일부를 잘라낸 홀로그래피 재생상 이미지

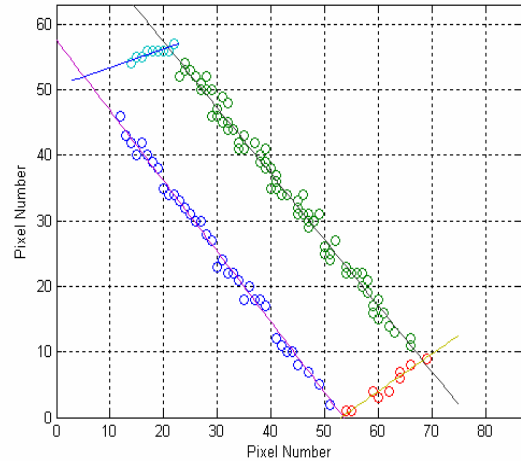


Fig. 6 의 재생상 이미지를 Fig. 4 순서도처럼 이미지 처리 해서 얻어진 경계면 그래프

4. 결론

여러 각도에서 물체의 홀로그램 데이터를 수집한 후 각각의 홀로그램을 재생하고 이미지 처리해서 얻어진 물체의 다양한 위치정보를 수치적으로 계산해서 정밀한 물체의 위치 정보를 찾아낸다. 홀로그램에 생기는 이미지의 잡음에 영향을 최소화 하면서 물체의 정확한 위치 정보를 얻어 낼 수 있다.

참고문헌

1. U. Schnars, "Direct phase determination in hologram interferometry with use of digitally recorded holograms," J.opt.Soc.Am.A, vol.11,pp 2011-2015, 1994.
2. J. Pomarico, U. Schnars, H.-J. Hartmann, and W. Juptner, "Digital recording and numerical reconstruction of holograms: a new method for displaying light in flight," Appl. Opt., vol. 34, pp.8095-8099,1995.
3. C. Wagneer, S.Seebacher, W. Osten, and W. juptner, "Digital recording and numerical reconstruction of lenslessFourier holograms in optical metrology," Appl. Opt., vol. 38, pp.4812-4820, 1999.
4. Y. Takaki and H. Ohzu, "Fast numerical reconstruction technique for high-resolution hybrid holographic microscopy," Appl opt., vol. 38,pp. 2204-2055,1999.