

노이즈가 포함된 영상으로부터 모아레 기준 위상 자동 추출 방법 Automatic Generation of Reference phase plane from noised Grid Image

*고국원¹, #문유현²

* K. W. Ko¹, # Y. H. Moon (rockersax@icl.sunmoon.ac.kr)

¹ 선문대학교 정보통신공학부, ² 선문대학교 기계 및 제어공학

Key words : Moire, 3D measurement, Reference Grid, Image Processing

1. 서론

모아레(moiré)를 이용한 3 차원 측정 방법은 두 개 이상의 주기적인 패턴(Periodic pattern)이 겹쳐질 때 만들어지는 간섭 무늬(interference fringe)를 이용하여 높이 정보를 획득하는 방법으로 인체 3 차원 측정, PCB 납도포 상태 측정, 전기 및 전자 부품과 반도체 부품의 형상 등의 여러 산업 분야에 적용되고 있다. 이중 영사식 위상천이 모아레법(Phase shifting Projection Moire)은 광원 앞에 격자를 설치하고 격자를 미세 이동시켜 얻어지는 각각의 영상들을 이용하여 3 차원 형상 정보를 추출하는 방법이다. Fig. 1 은 영사식 모아레 측정 방식의 기본 광학계 구성을 나타내었다. 광원에 투영 격자를 위치하고, 그 투영 격자를 측정하고자 하는 대상물에 투영하기 위한 프로젝션 렌즈가 달려있다. 여기서 투영된 격자는 대상물의 높이에 따라 무늬가 생긴다. 이러한 영사식 위상 천이 모아레 방법은 달리 카메라 앞의 기준 격자를 제거하고 물체의 형상에 따라 변형된 격자 무늬만을 획득하여 이미 알고 있는 기준 격자와 비교하여 3 차원 정보를 추출한다

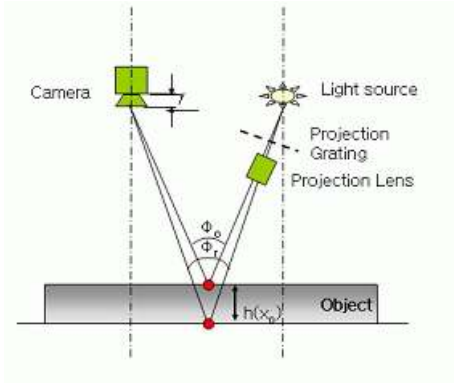


Fig. 1 Phase shifting Projection Moire

3 차원 형상 측정에 필요한 기준 격자는 미리 형상을 알고 있는 평면에 투사하여 획득한다. Fig. 2 는 이미 알고 있는 시편에서 획득한 기준 격자의 영상을 보여주고 있다.

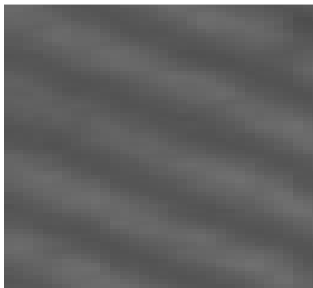


Fig. 2 Image of Moire pattern on Reference object

획득된 기준 위상의 영상을 확대하여 살펴보면, 시편의 표면 거칠기에 따른 노이즈가 포함이 되어있어 정확한 기준 평면의 위상을 구하기가 어렵다. 최근 측정 대상물의 형상이 작아져 측정 배율을 높임에 따라서, 이상적인 평면을 가진 기준 시편 제작에 많은 비용과 시간이 걸리고 있다. 본 연구에서는 영상처리 기법을 이용하여 획득된 영

상으로부터 이상적인 위상을 만들어 영사식 모아레 측정 방식의 교정 시 오차를 줄이고자 한다.

2. 실험 장비 구성

본 연구에서 Fig. 3 과 같이 영사식 모아레 3 차원 형상 측정 장비를 구성하였다. 위상패턴에는 1000lp/inch 의 그리드를 사용하였으며 약 2 배의 프로젝션 렌즈를 사용하여 대상물에 비추고 있다. 그리드의 위상 이동을 위해서 90um 의 압전구동소자(Piezo Actuator 이하 PZT)를 사용하였다. 카메라는 Dalsa 사의 4M(2352*1728) 카메라를 사용하였고 1 pixel 당 5um 의 해상도를 가지도록 영상 획득 시스템을 구성하였다.

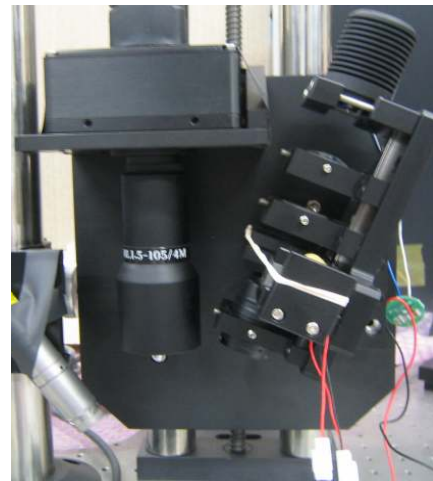


Fig. 3 3D Measurement System

3. 영상 처리

기준 위상을 획득하기 위해 얻은 격자 무늬 영상으로부터 노이즈를 제거하기 위해서는 다음과 같은 영상처리 과정을 수행한다. 먼저 격자의 중심선을 획득하고, 획득된 격자 중심선으로부터 라인 추출을 위하여 grouping 을 한 다음에 직선의 중심선의 기울기와 Y 절편의 직선의 특징치를 추출하였다.

3.1 격자 라인 중심 추출

Fig. 2 에서 획득한 격자 영상의 검은 띠의 라인의 중심선을 획득하기 위하여 Line mask 를 적용하여 각 격자 라인들의 중심픽셀들을 위치를 계산하였다.

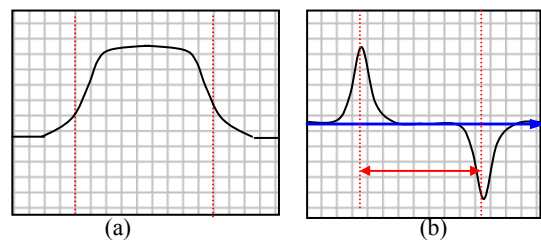


Fig. 4 Line Mask convolution

Fig. 4 는 라인 마스크를 적용하여 각 격자의 중심선을 획득하는 과정이다. Fig.4 (a)는 격자의 Gray level 값을 나타낸 것이며 이와 같은 격자에 Line mask 를 적용하면 Fig.4(b) 과 같이 라인의 두께를 계산 할 수 있으며, 이로부터 각 라인의 중심 픽셀을 얻어낼 수 있다.

3.2 라인의 특징치 추출

앞서 구한 라인의 중심 좌표를 이용하여 최소 자승법을 적용하여 각 라인들의 직선의 특징치를 계산하였다. Fig. 5 는 최소자승법을 통하여 획득한 중심선과 기준 격자 무늬 영상을 비교한 영상이다. 계산된 중심선들은 격자 무늬의 중심에 일치한 것을 확인할 수 있다.

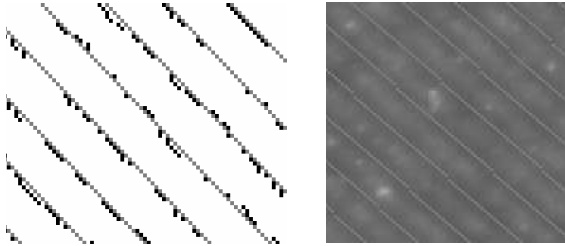


Fig. 5 Result of Least Squares Fitting

3.3 위상 계산

획득된 영상으로부터 그리드 라인의 특징치를 추출하며 라인의 간격으로부터 위상의 거리를 구할 수 있다. 일반적으로 영사식 모아래는 위상을 구하기 위해서는 N-Bucket 알고리즘을 이용하여 N 번 위상을 이송시켜 영상을 획득하여 위상을 구한다. Fig. 6 은 영상으로부터 위상을 구하기 위해서 N-Bucket 의 이동 없이 한장의 획득된 그리드 영상으로 $-\pi$ 에서 π 까지의 위상으로 바꿀 수 있음을 보여주고 있다.

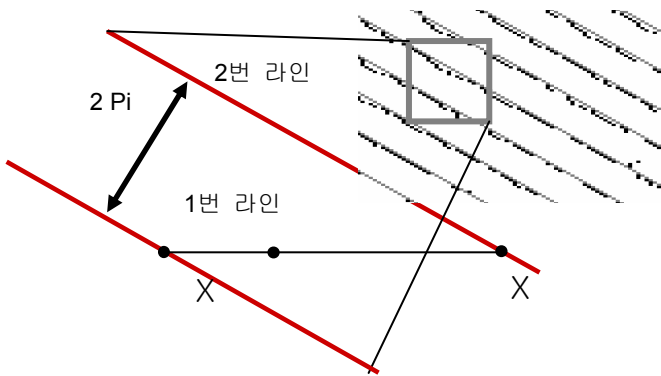


Fig. 6 Phase Calculation from Calculated Line

앞서 구한 라인으로부터 위상영상을 구하기 위한 수식은 아래와 같다.

$$I[x]=127.5*(\sin(2PI/\text{라인두께}*(X-X_{lp1})+3/2*PI))+127.5 \quad (1)$$

여기서 $I[x,y]$ 는 영상의 밝기 값이며, 라인두께는 $X_{lp2}-X_{lp1}$ 이다. Fig. 7 은 실제 기준 시편에서 획득한 영상과 본 연구에서 제안한 영상처리 기법을 이용하여 획득한 기준 영상과 위상영상을 한 라인에 비교한 결과이다. Fig. 8 은 획득된 영상으로부터 구한 기준 위상 이미지를 비교하였다.

Fig. 9 는 기존의 4 bucket 을 방법을 이용하여 얻은 위상 데이터와 본 연구에서 제안한 방법으로 얻은 위상 데이터를 비교한 결과 이다. 본 연구에서 제안한 방법이 정확한 위상 평면을 구할 수 있음을 알 수 있다.

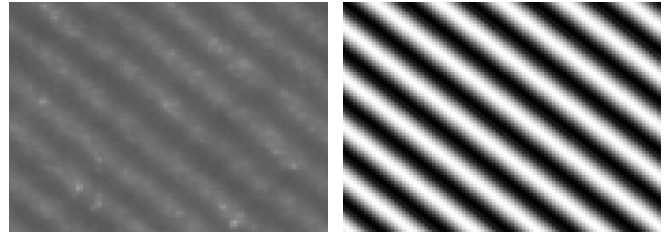


Fig. 7 Line data of Acquired Image vs phase data

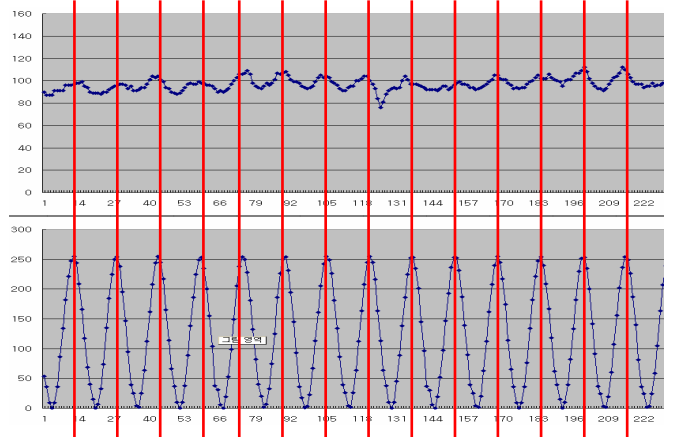


Fig. 8 Acquired Image vs Calculated Reference image

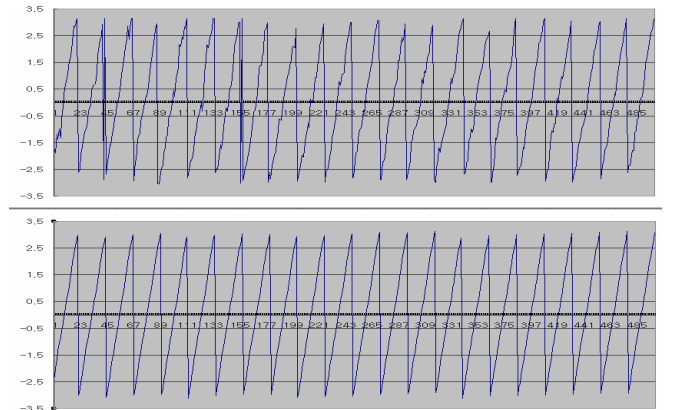


Fig. 9 Acquired Image vs Calculated Reference image

4. 결론

본 연구에서 제안한 기준 위상 추출법은 기존의 잘 제작된 기준 시편없이 일반적인 시편으로부터 기준 위상면을 자동으로 생성하여 위상천이 영상식 모아래 측정기의 교정시 정확도를 높이는 방법을 제안하였다. 그 결과 저가의 시편으로 획득된 노이즈가 포함된 영상으로부터 기준 위상을 구할 수 있었다. 본 연구에서 개발된 방법은 고가의 기준 시편 제작이 필요없이 간단하게 3 차원 측정 장치의 교정을 할 수 있으므로 3 차원 검사 장비 제조 원가 절감에 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대되어진다.

참고문헌

1. 김종형, 한세현, 고국원, 고경철, "위상천이법을 이용한 납도포상태의 3 차원 검사 기술 개발", 한국정밀공학회 제 20 권, 제 10 호., pp 12-21, 2004
2. Takasaki H, "Moire Topograph" Applied Optics, Vol 9 No.6 pp1467-1472, 1970