

영사식 3차원 형상 측정을 위한 격자무늬 생성장치에 관한 연구

A study on the grid fringe generator for measurement of 3-D object

박윤창*, 박경근**

Yoon-chang Park*, Kyung-keun Park**

*선문대학교 기계 및 제어공학부

**선문대학교 기계공학과 대학원

Abstract

Noncontact measuring methodology of 3-dimensional profile using CCD camera are very attractive because of its high measuring speed and its high sensitivity. Especially, when projecting a grid pattern over the object the captured image have 3 dimensional information of the object. Projection moire extract 3-D information with another grid pattern in front of CCD camera. However phase measuring profilometry(PMP) obtain similar results without additional grid pattern. In this paper, new method for grid pattern generation system by polygonal mirror and Laser Diode. This system is applied the projection moire and the PMP.

1. 서론

3차원 형상의 측정은 가공물의 검사, CAD/CAM, 의료, 솔리드 모델링등 다양한 분야에서 반드시 필요한 기술이다. 광학식 비접촉 방식은 높은 측정 감도와 고속 측정등의 장점을 가짐으로 3차원 측정 분야에서 매우 유망한 방식으로 인식되고 있다.

측정대상 물체에 격자 무늬를 주사하는 방식은 물체의 3차원 정보를 얻어내기 위한 쉽고 효율적인 방식이다. 격자 무늬가 주사된 물체의 영

상을 CCD카메라에 의해 획득할 경우 격자 무늬는 물체의 형상에 따라 변형되어 보이므로 획득된 2차원 변형 격자 무늬 영상에는 물체의 3차원 정보를 포함하게 된다. 2차원 변형 격자 무늬로부터 3차원 정보를 추출하기 위한 가장 잘 알려진 방법은 주사에 사용되는 격자와 같은 기준 격자를 통해 변형된 격자 무늬를 획득하는 모아레 프린지법이다[1,2]. 모아레 무늬는 물체의 높이에 따라 주기적으로 변화하므로 모아레 무늬의 공간 위상(Spatial Phase)을 측정하여 물체의 높이 정보를 추출할 수 있다. 하지만 모아레 무늬의 공간 위상은 조명의 밝기, 물체의 반사도등에 큰 영향을 받기 때문에 기존의 레이저를 이용한 위상 측정 인터페로미터 기법(Phase Measuring Interferometry)의 원리를 적용하여 투영 격자를 이송시켜가며 영상을 획득하여 모아레 무늬의 시간축 위상을 획득함으로써 측정 정도를 향상시킬 수 있다[3]. 획득된 모아레 무늬의 위상에는 물체의 높이 정보가 포함되어 있지만 실제 획득할 수 있는 위상은 $-\pi$ 와 $+\pi$ 사이로 중첩(wrapping)된 값이므로 물체의 높이 변화가 클 경우에는 펼친 위상값(unwrapped phase)을 구해야 물체의 실제 높이를 구할 수 있다. 일반적으로 높이가 연속적으로 변하는 경우에는 위상의 연속성을 가정함으로써 펼친 위상 값을 복원할 수 있는 데 높이 변화가 불연속일 경우에는 2가지 피치(Pitch)의 격자를 사용함으로써 절대위상을 추출하기도 한다.

기준 격자를 형성시키지 않고 변형된 격자 무

너만을 이용하여 3차원 정보를 추출하는 방식인 위상 측정 형상 측정 기법(Phase Measuring Profilometry, PMP)에 대한 연구도 많이 수행되어 왔다[4-6].

본 논문에서는 모아레나 PMP방법을 이용하여 3차원형상을 측정시 시그럼 구성에 필수적인 격자무늬 생성장치에 대하여 새로운 방법을 제시하고자 한다.

2. 본론

그림1에 기존에 사용하는 격자무늬 생성장치의 구성도를 보였다. 그림1을 보면 할로겐광원(c)

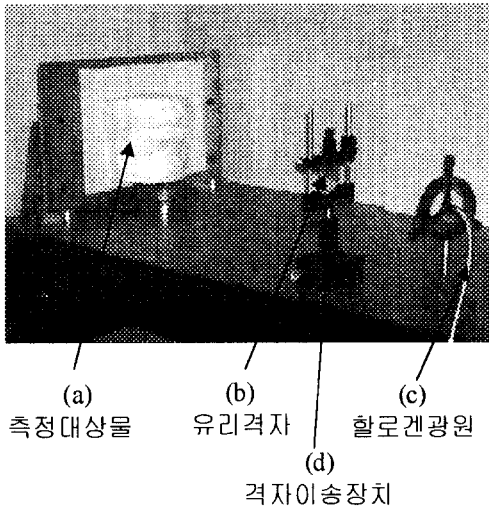


그림1. 기존의 격자무늬 생성 장치

의 빛이 유리격자(b)에 조사되면 유리격자에 세겨진 격자무늬가 측정대상물(a)에 투영됨을 알 수 있다. 기존의 이와같은 방법은 실험장치가 고정된 상태에서 측정대상물의 모양이나 크기에 따라 투영된 격자무늬의 간격(pitch)을 변경해야할 경우 빠른 대처가 어렵다는 점과 위상천이를 위하여 격자를 이송하는데 있어 격자이송장치(d)가 필요하다는 단점을 가지고 있다. 이는 유리격자(b)가 하드웨어적으로 고정되어있어 격자의 형태가 고정되어 있기 때문이다. 이러한 단점을 효과적으로 개선할 수 있는 장치의 구성도를 그림 2

에 보였다. a는 Laser Diode(이하 'LD'로 표기)

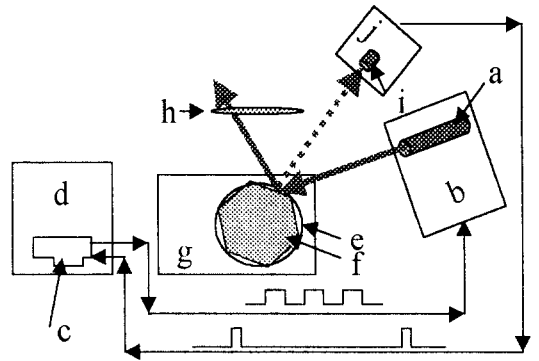


그림2. 폴리이미드를 이용한 격자생성장치 구성도

로서 파장은 650nm이상의 RED 및 적외선 영역의 특성을 갖는다. b는 LD Driver로서 LD의 구동 전력을 공급하며 LD의 출력을 일정하게 유지시키는 역할을 한다. c는 TimingControl Driver(이하 "TCD"라 한다)로 컴퓨터(d)의 ISA Slot에 장착되어 프로그램에 의해 LD의 키고 끄는 신호를 발생하여 LD Driver로 보낸다. e는 고속으로 회전하며 회전속도의 변화가 안정화되어 있는 Spindle Motor이다. f는 Spindle Motor의 회전축에 장착된 회전다면경이다. 회전다면경의 면수는 본 장치의 출력 사양에 따라 가변적일 수 있다. g는 Motor Driver로서 Spindle Motor가 정속으로 회전할 수 있도록 전력을 공급한다. h는 Cylindrical Lens로서 입사되는 점광을 직선광으로 변환한다. i는 Photo Diode(이하 'PD'로 표기)로서 회전다면경의 한 면이 LD의 점광을 반사시켜 만드는 무수한 광로중 격자를 형성 시키는데 사용되기위한 유효 광로중 마지막 광로로부터 빛을 인식하기위한 검출자이다. PD는 광을 검출함으로써 해당되는 한 면이 끝났음을 TCD에게 알려주는 동기신호원의 역할을 한다. j는 PD Driver이다.

위와같이 구성된 장치를 이용하여 앞서 언급한 2가지 개선점-첫째로 원하는 격자무늬 간격으로 격자를 형성하는 방법, 둘째로 격자무늬를 원하는 간격으로 이송하는 방법-을 중심으로 동작

설명을 하겠다. 첫째로 격자무늬를 원하는 주기로 형성하는 방법을 보면 (a)에서 (c)에 각각 표

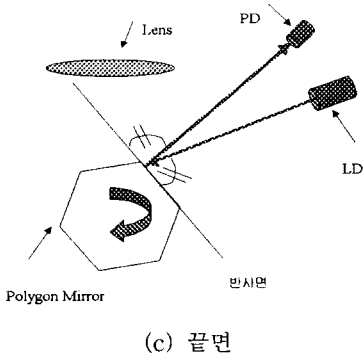
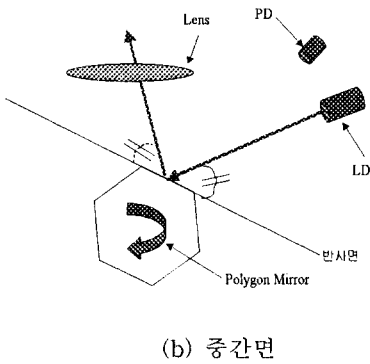
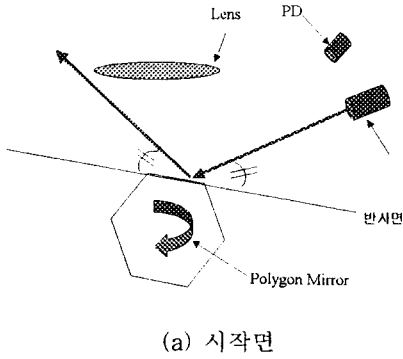


그림3. 회전다면경의 반사면 위치에 따른 LD의 광로

현된 화살선은 LD에서 출발한 광의 이동 경로를 나타내고 있다. 고속으로 회전하고 있는 회전다면경의 1개 면에서의 광로를 상세히 살펴보면

(a)와 같이 거울면에 입사되는 광의 입사각이 작은 경우 회전거울 앞에 놓인 Lens를 통과하지 않는다. (b)의 경우와 같은 입사각에서는 Lens를 통과한다. 끝으로 (c)와같이 입사각이 큰 경우는 다시 (a)와같이 Lens를 벗어나게 된다. 이렇게 생성된 광의 끝단이 수직평면에 맺히는 모양을 그려보면 그림4와 같다. 회전다면경의 반사각에 따라 Lens를 통과한 빛은 직선의 연속으로 변환된 두꺼운 직사면체를 이루는 반면 Lens를 통과하지 못하는 반사각에서는 점광이 그대로 나타나 가느다란 직선을 이루게 된다. 이 때 그림5와 같은 타이밍으로 LD의 점멸 주기를 조절하게 된다. 회전다면경이 고속으로 회전하면서 각각의 1개면에서 LD로 부터 오는 점광을 반사시키는

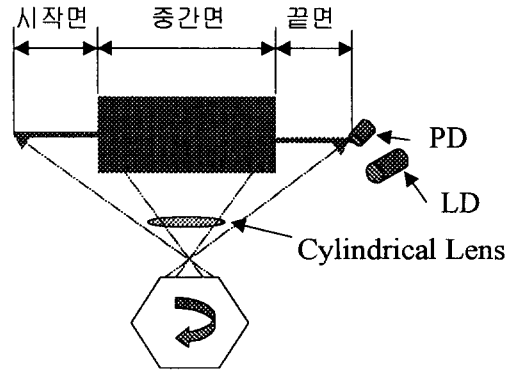


그림4. 수직평면에 조사된 광의 모양

유효면의 구간을 정확히 동기시키기 위하여 유효면의 끝면에 해당되는 광경로상에 PD를 위치시켜 동기신호를 얻게 된다. P는 이때 얻어지는 동기 신호의 주기를 나타낸다. Clock은 LD를 점멸시키기 위한 기준 신호로 사용된다. HSYNC는 동기신호로서 유효면의 시작부터 TTL High Level(DC 4.2V 이상)을 출력하다가 유효면의 끝에서 순간적으로 TTL Low Level(DC 0.8V 이하)을 출력하게 된다. VIDEO는 LD의 점멸신호를 나타내며 TTL High Level에서 꺼지고 TTL Low Level에서 켜지게 된다. 위와 같은 타이밍에 맞추어 1개면 전체 주사시간 P중 원하는 구간 동안 LD를 점멸시킴으로 그림4에 보인 광의 모양을 그림 6과같이 바꿀 수 있다. g는 형성된 격

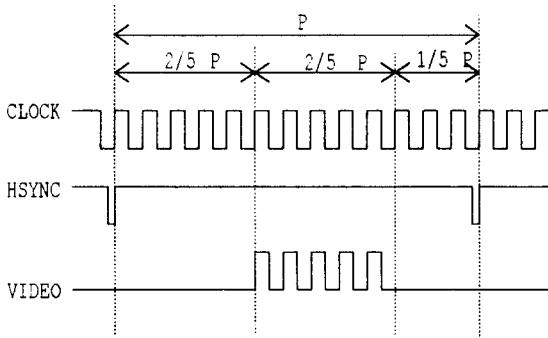


그림5. LD의 점멸 타이밍도

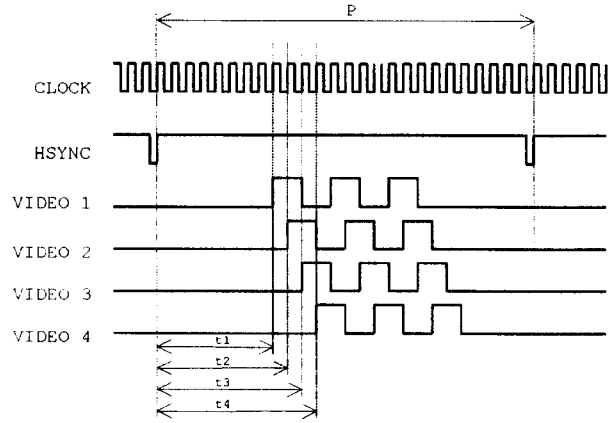


그림7. LD의 격자이송 타이밍도

자무늬의 주기를 나타낸다. 이 주기는 그림5의 타이밍에 따라 소프트웨어적으로 가변할 수 있다.

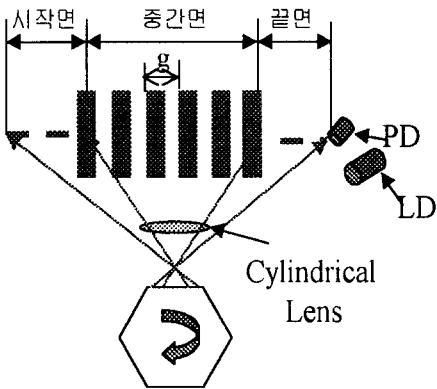


그림6. 변형된 광의 모양

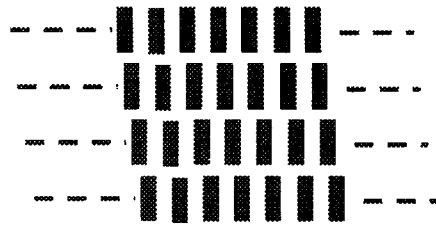


그림8. 이송된 격자무늬

3. 실험 및 고찰

일반적으로 3차원 형상측정에 사용되는 격자무늬의 중요한 특성은 광가시도이다. 측정하고자 하는 물체에 격자무늬를 형성시켰을 때 이미지센서에서 보는 격자무늬의 광강도가 정현파의 모양을 갖는 것을 전제로 하고 있다. 따라서 이 장치의 현실성을 보이기 위해 광가시도를 실험하여 보았다.

둘째로 격자무늬를 원하는 간격으로 이송하는 방법을 보면 그림7에서 LD의 점멸 신호인 VIDEO 1 ~ VIDEO 4를 보면 각각 동기신호의 시작점을 기준으로 $t_1 \sim t_4$ 까지 시간 지연을 가지고 있음을 보였다. 이러한 시간지연에 의해 이송되는 격자무늬를 그림8에 보였다.

그림 9는 그림6에 대한 실제 결과를 보이고 있다. 그림 10은 그림 9보다 격자의 주기를 더욱 작게한 것으로 소프트웨어적으로 쉽게 가변됨을 앞에서 보였다. 그림 11은 그림 10의 상태에서 격자무늬를 주기의 1/4씩 수평방향으로 이송시키면서 CCD카메라로 잡은후 한 개의 수평선에 대한 광강도의 특성을 나타낸 것이다. 그림 12는 그림 10의 격자를 이용하여 얻은 입술상에 대한 모아레 무늬이다.

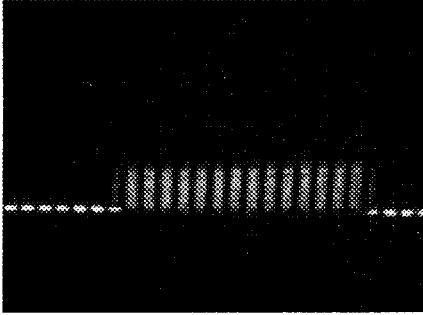


그림 9. 격자의 실물사진1

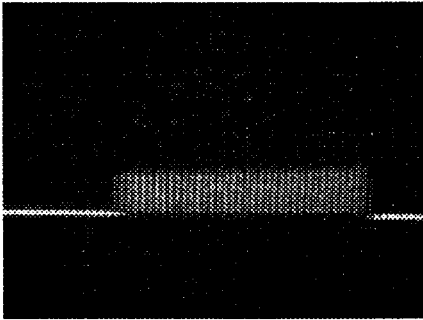


그림 10. 격자의 실물사진2

4. 결론

본 논문에서는 광학식 비접촉 3차원 형상 측정법으로 많이 연구되고 있는 모아레법과 PMP 법에 이용되는 격자무늬 생성방법에 있어서의 단점을 개선시킨 새로운 장치를 보였고 실험을 통하여 격자의 광강도가 정현특성을 가짐을 확인함으로써 실용성을 보였다. 향후 현재 구성된 장치에서 격자의 수직방향 크기가 LD의 출력에 따라 좌우함으로 격자의 크기를 증대시키는 연구가 계속 진행되어야 한다.

참고 문헌

(1) Takasaki H., "Moire Topography," Applied Optics, Vol.9, No.6, pp.1467-1472, 1970.

(2) Ceath K., "Phase-measurement Interferometry techniques," Progress in Optics, Vol.26, pp.349-398, 1988.

(3) Kujawinska M., "Use of Phase-stepping Automatic Fringe Analysis in Moire interferometry," Applied Optics, Vol. 26, No.22, pp.4712-4714, 1987.

(4) Jie-Lin Li, Hong-Jun Su, and Xian-Yu Su, "Two-frequency grating used in phase-measuring profilometry," Applied Optics, Vol.36, No.1, pp.277-280, 1997.

(5) V. Srinivasan, H.C.Liu, and Maurice Halioua, "Automated phase-measuring profilometry: a phase mapping approach," Applied Optics, Vol.24, No.2, pp.185-188, 1985.

(6) Ming Chang, "On-line Automated Phase-Measuring Profilometry," Optics and Lasers in Engineering, Vol. 15, pp.127-139, 1991.

입성적자의 광강도 특성

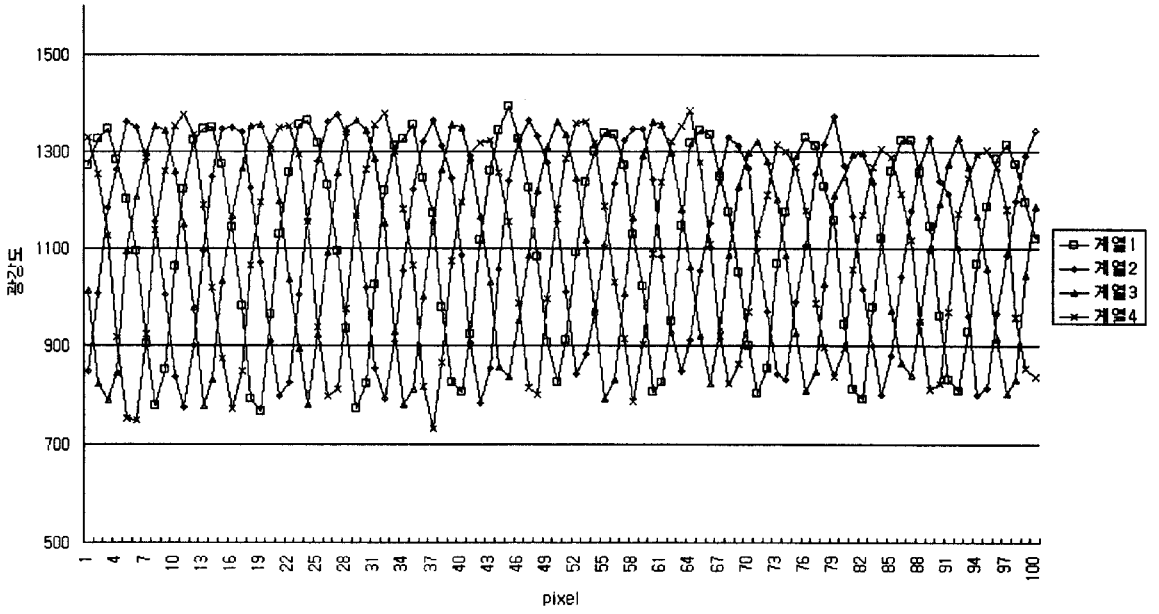
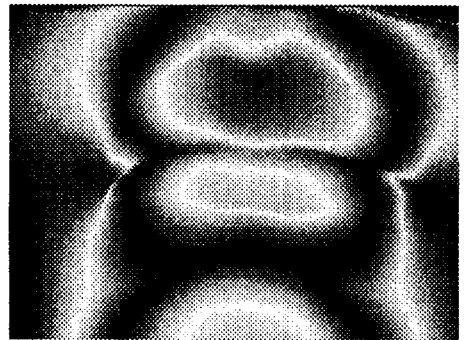


그림11. 형성된 격자무늬의 광강도 특성



(a) 입술석고상



(b) 획득된 모아레 무늬

그림 12.