

## 광위상 3차원 형상 측정법에서의 오차보정

### Error compensation in the optical 3D phase measuring profilometry

황용선\*, 강영준\*, 백성훈, 박승규, 임창환

\*전북대학교 기계설계학과, 한국원자력연구소 양자광학기술개발부

0308h@hanmail.net

PMP(Phase Measuring Profilometry) 측정법은 투영계와 기록계의 기하학적 구성과 광학계의 정렬적인 문제에 의해서 기본적으로 오차를 가지고 측정된다. 일반적으로 PMP 형상 측정에서 측정면과 광학계의 높이가 피 측정면에 비해서 상당히 큰 경우, CCD 카메라에서 높이 방향으로 측정영역이 작아지게 됨으로써 측정위상이 기준면에서의 위치와 높이 방향에 따라서 다르게 나타나고 프로젝터가 측정면에 투영되는 간섭무늬의 피치가 다르게 적용된다. 이러한 원인으로 인해서 일정한 높이면에서의 측정을 행할 경우 오차로 인해 정확한 측정을 할 수 없게 된다. 본 논문에서는 이러한 오차의 크기와 오차해결 방법을 찾고 calibration 방법에 따른 오차의 보정결과를 기술하였다.

Fig. 1과 같은 가장 기본적인 측정시스템을 구성하여 측정실험을 실시하였다. 먼저 확인된 비선형 오차에 대한 보정을 위해서 마이크로미터를 이용하여 높이방향으로 이동된 측정면의 위상차를 실제 광학계의 조건을 같게 한 후 전산시뮬을 통해 위상차를 구하여 비교하였다. CCD카메라에 측정면이 가까워지면 측정영역이 작아지므로 측정 파장이 측정면에 x축 방향 뿐만 아니라, 높이에 따라 다르게 존재하기 때문에 기준면과 측정면 사이의 위상차가 다르다는 것을 확인하였다. 이를 실제 실험 결과와 비교함으로써 보정효과가 좋아짐을 보였다.

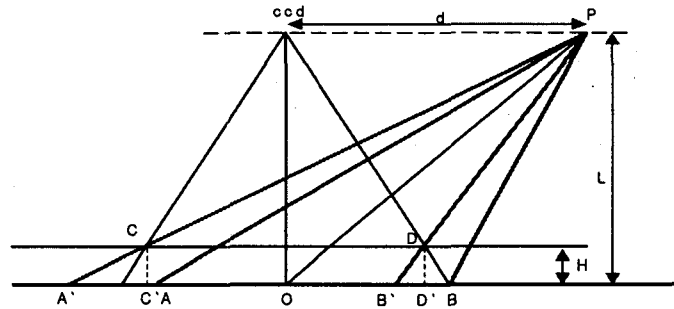


Fig. 1 Optical geometry of 3D PMP

Fig. 1에서 보이는 것처럼 CCD 카메라와 프로젝터에 의해서 발생하는 문제로, CCD 카메라에서 높이 방향으로 측정 영역이 작아지게 됨으로써 측정 파장이 기준면에서의 위치와 높이 방향에 따라서 다르게 나타난다. 또한 프로젝터가 측정면에서 수직으로 투영하지 않으므로 기준면에서 A와 B지점의 측정 피치가 다르게 적용됨을 알 수 있다. 이러한 원인으로 인해서 일정한 높이면에서의 측정을 행할 경우 오차로 인해 정확한 측정을 할 수 없게 된다. 이를 보정하기 위해서 기준면과 평행한 측정면으로 측정된 위상값과 비교하여 보정을 실시하였다.

$$h(x, y) = \frac{p(x, y) \Delta\phi(x, y) L}{2\pi d + p(x, y) \Delta\phi(x, y)} \quad (1)$$

실험적으로 측정된 위상차를 식(1)를 통해 구한 측정값(측정)과 pitch간격을 x축에 따라 다르게 적용시켜 보정한 값(보정1)과 시스템 구성에서 발생하는 오차를 보정하기 위해서 기하학적으로 발생하는 높이에 따른 위상차를 전산시능을 통해서 25개의 이론값을 구한 후, 기존보다 정확한 피치간격을 통해 구한 값(보정2)와 비교 하였다.

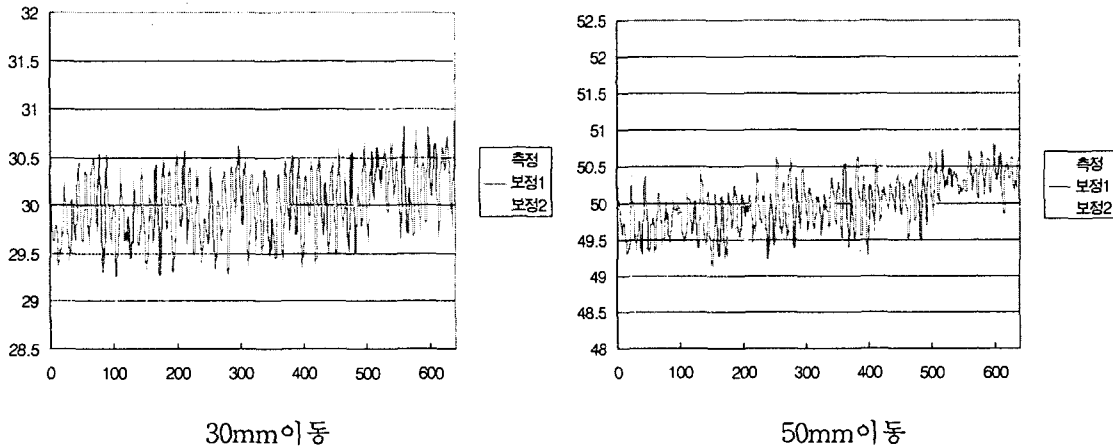


Fig. 2 높이에 따른 측정값과 보정값 비교

Fig. 2에서 나타낸 바와 같이  $p(x)$ 를 보정한 경우(보정1)도 어느정도 보정효과를 얻을 수 있으나, 전체적으로  $p(x)$ 와  $\Delta\phi(x)$ 를 모두 보정한 경우(보정2)가 훨씬 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 3은 기준면의 x축 원점을 기준으로 높이를 5mm씩 이동할 경우 얻은 data를 이송된 5개점 (10,20,30,40,50mm)에서 각각 calibration을 한후에 계산된 값의 선형성을 살펴보았으나 그렇게 크게 차이가 없는 것을 확인하였다.

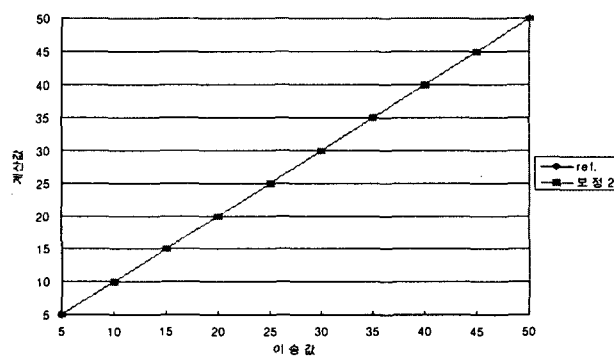


Fig. 3 각 높이에 따른 계산값 비교

참고문헌

1. Peisen S. Huang and Fu-Pen Chiang, "Recent advances in fringe projection technique for 3-D shape measurement" SPIE Vol. 3783 pp. 132-142, 1999
2. Zheng-Feng Hu, Cheng-lin Luo and Jian-Qin Zhou, " 3-D Diffuse object profilometry based on analysis the intensity of grating pattern" SPIE Vol. 2866 pp 493-496, 1996