

광량 변조를 통한 부분 경면 물체의 3차원 측정

3-D Measurement of Partially Specular Objects through Optical Intensity Modulation

정중기, 홍덕화, 조형석

한국과학기술원 기계공학과

jkjeong@lca.kaist.ac.kr

1. 연구 배경

광학적 형상 측정 방법은 물체 표면의 반사 특성에 크게 영향을 받는다. 표면 반사 특성은 크게 정반사, 난반사 및 내부반사로 나눌 수 있는데⁽¹⁾, 물체의 표면이 거울면에 가까워질수록 물체의 정반사적 특성이 강해지며, 물체의 표면이 거칠어질수록 난반사적인 특성이 강해진다. 현재까지 정반사적인 특성, 내부반사적인 특성을 가진 물체의 광학 측정법에 대해서는 많은 연구가 있어왔으며, 산업적으로 응용가능한 해법이 이미 나와 있다. 정반사면에 대해서는 광선을 추적하는 방법⁽²⁾을 내부반사면에 대해서는 광삼각법⁽³⁾을 적용할 수 있는데, 정반사에 가까운 난반사적인 반사특성을 갖는 면에 대해서는 이렇다 할 방법이 아직 개발되어 있지 않다. 그 이유는 광선추적을 적용할 만큼 빛이 방향성을 갖지도 않으면서 광삼각법을 이용할 만큼 빛이 충분히 퍼지지도 않기 때문이다. 광삼각법을 이용할 경우, 어떤 곳은 빛이 너무 부족하거나 어떤 곳은 빛이 너무 많이 들어와 영상 센서가 포화되고 그 주변에 블루밍이 일어나는 문제가 발생한다. 이에 본 연구에서는 광삼각법을 이용해 물체의 형상을 측정하는 방법을 사용하는데 있어서 물체 표면의 정반사적 특징으로 인해 그동안 측정이 어려웠던 부분들을 빛의 투과율을 조절할 수 있는 액정공간광변조기(LC-SLM: Liquid Crystal Spatial Light Modulator)를 이용하여 해결하고자 한다.

2. 측정 시스템 및 측정 방법

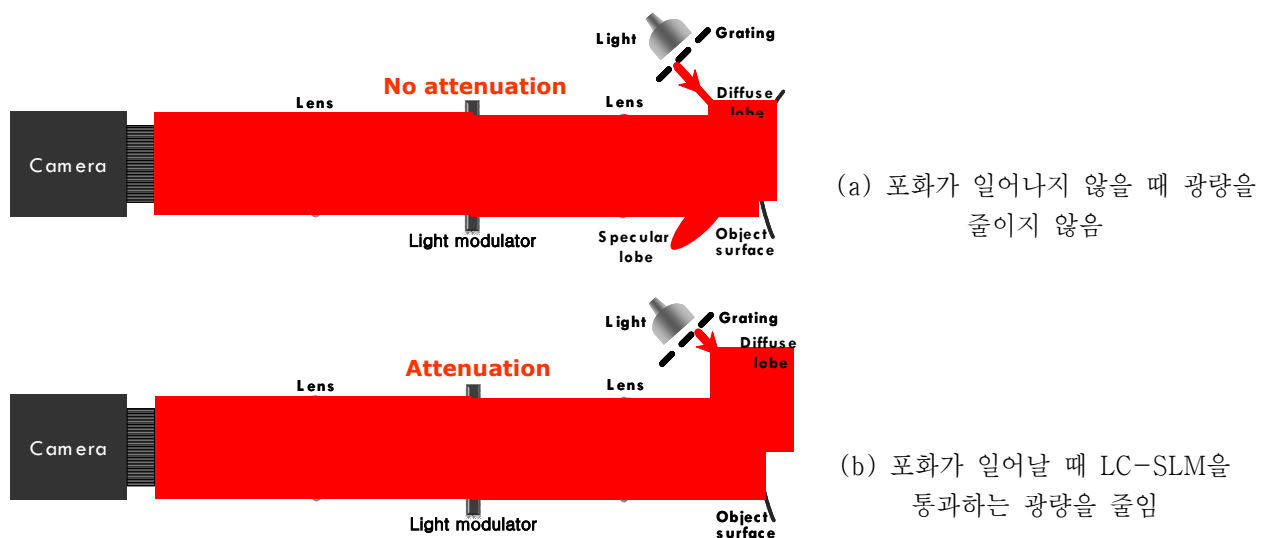


그림 1 제안된 측정 시스템 개념도

제안된 측정 시스템의 개념도는 그림 1과 같다. 3차원 측정을 위해 줄무늬 패턴이 물체 위로 투사되며, 물체의 상은 LC-SLM을 통해 카메라에 맺히게 된다. LC-SLM은 양쪽에 편광기와 편광해석기를 부착하고 각 셀들에 인가되는 전압을 조절함으로써 각 셀들에 대한 빛의 투과율을 조절할 수 있는데, 이를 이용하여 물체의 정반사적인 특성으로 인해 CCD가 포화된 부분에 해당하는 LC-SLM의 투과율을 조절하여 그 부분의 빛의 강도를 정확하게 측정하고, 이를 해석하여 3차원 형상 정보를 얻을 수 있다. 이를 위하여 LC-SLM의 픽셀과 카메라 픽셀 사이의 대응관계를 Homography⁽⁴⁾로 구해 저장한다. 형상의 측정은 대표적인 광삼각법의 하나인 PMP (Phase Measuring Profilometer)를 이용하였으며, 이를 위하여 Ronchi 그레이팅을 이용해 물체의 표면에 정현파형의 줄무늬를 투사했다.

3. 측정 결과

제안된 시스템을 이용하여 획득한 영상의 예가 그림 2에 나타나 있다. 그림에서 볼 수 있듯이, 금속면의 경면 반사성분으로 인해 줄무늬가 잘 맺히지 않았던 부분이 제안된 방법의 적용으로 줄무늬가 선명하게 맺히는 것을 볼 수 있다.

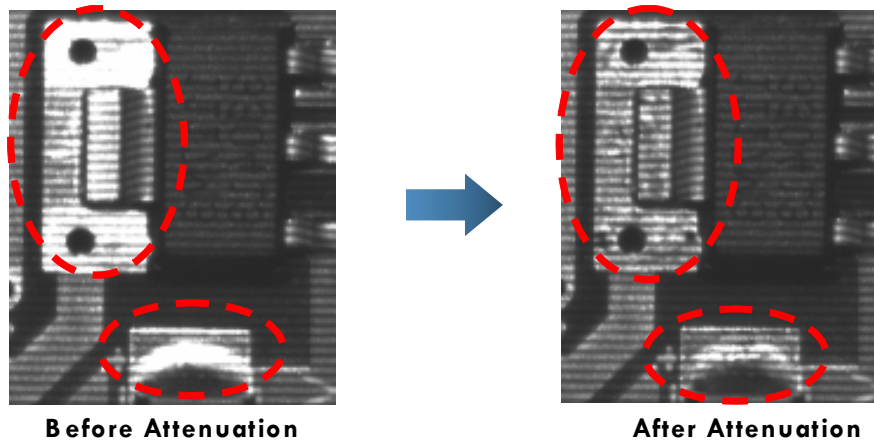


그림 2 제안된 시스템을 이용한 측정 예

4. 결론 및 향후 과제

LC-SLM을 영상획득부에 삽입하여 선택적으로 빛의 투과율을 조절함으로써 왜곡이 없는 줄무늬 영상을 얻어내고 나아가 좀더 정확한 3차원 측정 결과를 얻을 수 있었다. 현재, 광량을 적당히 조절하기 위해 추가로 필요한 영상의 수를 최소화하고, LC-SLM의 픽셀 자체가 CCD에 맺히는 이른바 블랙 매트릭스 (black matrix) 현상을 없애는 것이 과제로 남아 있는데 이 문제들이 해결된다면 장차 산업적으로 큰 응용성을 갖는 방법이 될 것으로 전망된다.

참고문헌

1. S. Nayar, "Surface Reflection: Physical and Geometrical Perspectives", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.13 (7), July (1991).
2. Y. Ryu and H. Cho, "'New Optical Measuring System for Solder Joint Inspection'", *Optics and Lasers in Engineering* 26, 487-514 (1997)
3. K. Gasvik, *Optical Metrology*, **3rd**, JOHN WILEY & SONS, 2002.
4. R. Hartley and A. Zisserman, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, 2001