

샤크-하트만 센서: 원리 및 적용상의 문제

Shack-Hartmann Sensor: Principles and Application Issues

이준호

공주대학교 광공학과

jhlsat@kongju.ac.kr

샤크-하트만(Shack-Hartmann) 파면 센서는 적응 광학, 광학 측정, 안과 측정 등의 많은 분야에서 파면 측정 기구로서 많이 활용되는 장비 중의 하나이다. 파면 측정기는 작은 렌즈(Micro-lens)들의 조합에 의하여 형성된 각 상의 중심점 추정하고, 추정된 중심점으로부터 각 렌즈 영역에서의 평균 기울기를 나타내는 값으로 변환하여 파면 수차를 측정 한다. 그림 1은 샤크-하트만 센서의 측정 개념을 보여주고 있으며, 수식 2 및 3은 이 개념을 수식으로 표현하고 있다. 그림 1 및 수식에서도 보여주듯 샤크-하트만 센서는 빛의 기하광학적 특성을 1차적으로 사용하고 있기에, 간접계 또는 Curvature Sensor에 비해 상대적으로 용이한 접근 및 구현이 가능하다.

하지만 샤크-하트만 센서의 그 기본 개념의 간단함에도 불구하고, 실제 개발 및 적용 상에 있어 측정 정밀도, 측정 가능 범위, Sampling Frequency (Temporal/Spatial), 측정 파면 크기, 측정 파장, 절대측정/상대측정, 광 정렬, 마이크로 렌즈의 크기 및 형태 등 수많은 고려 사항이 있다. (특히, 샤크-하트만 센서는 미국 등의 기술 선진국에서 적응광학의 군사적 적용 가능성 등의 이유로 기술 이전 제한 품목으로 분류하고, 센서 시스템의 판매를 제한하고 있다.) 따라서, 샤크-하트만 센서의 최적의 사용 및 개발을 위해서는 샤크-하트만 센서의 측정 원리 및 실 적용상의 한계 또는 문제점을 이해하는 중요하다.

따라서 본 논문에서는 샤크-하트만 센서의 측정 이론 및 적용상의 한계/문제점을 개발 역사 및 현 상황과 함께 발표한다.

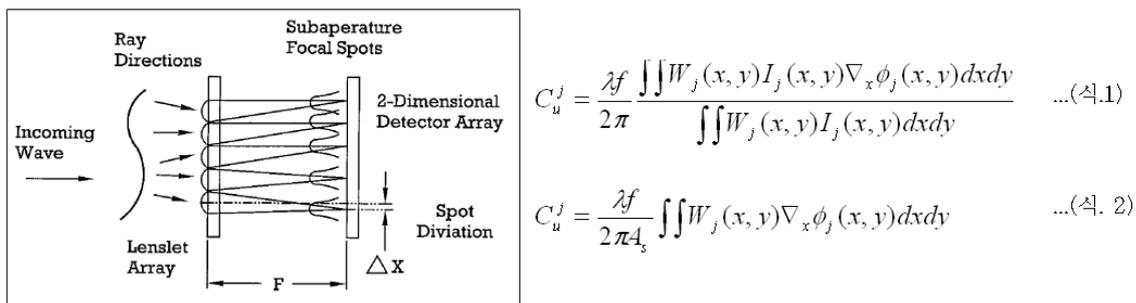


그림 1. 샤크-하트만 센서의 작동 원리

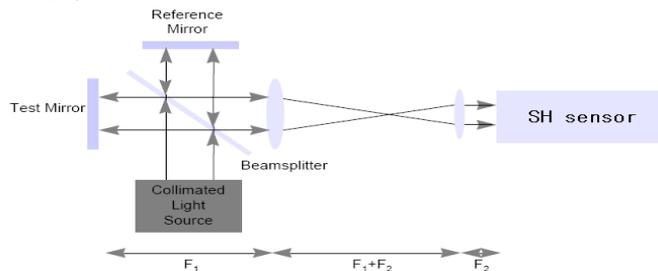


그림 2. 샤크-하트만 센서 파면 측정 Configuration

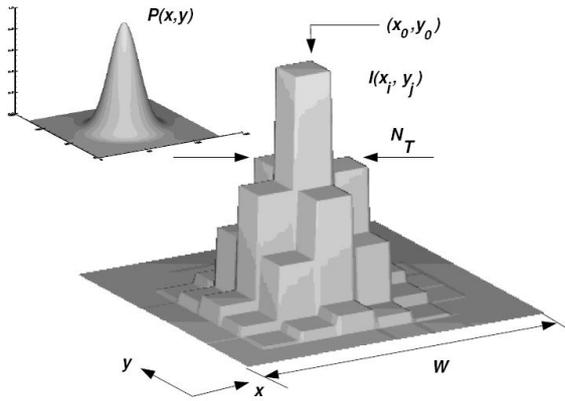


그림 3. 샤크-하트만 센서의 측정 Intensity 분포

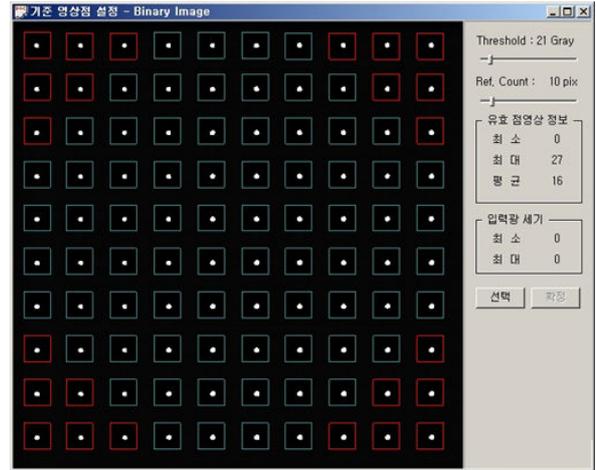


그림 4. 샤크-하트만 센서 영상

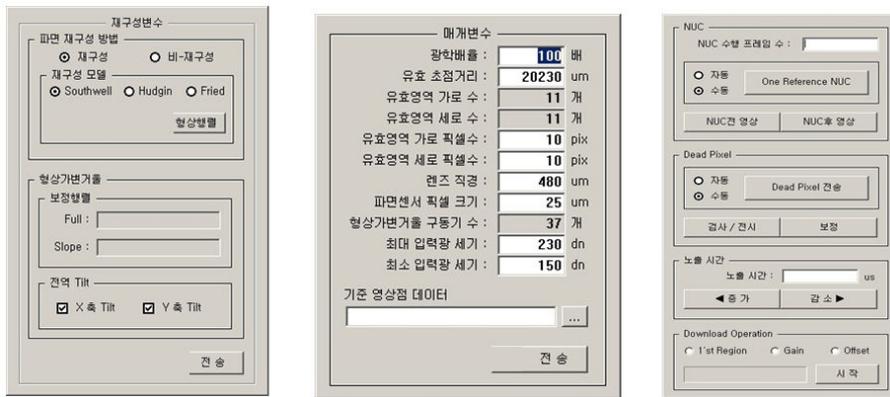


그림 5. 샤크-하트만 센서의 Input Parameter

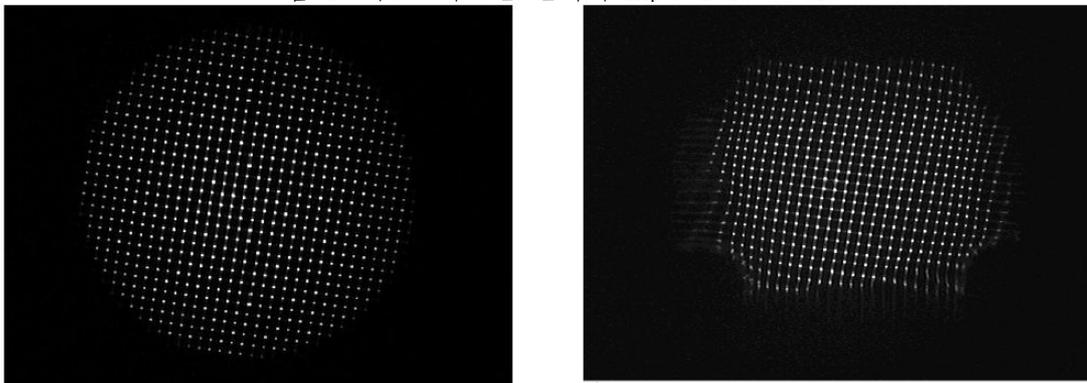
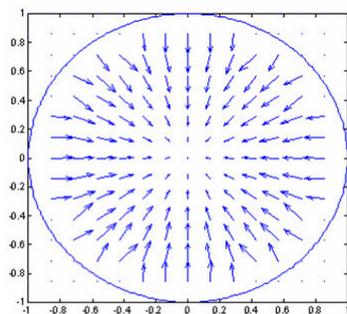
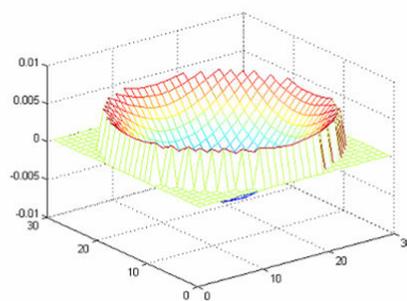


그림 6. 샤크-하트만 센서의 측정 영상



<Centroid movements>



<Reconstructed Phase>

그림 7. 중심점 이동 및 재구성된 파면