

## 삭-하트만 센서의 측정범위 확장에 대한 연구

### A Study on the Dynamic Range Expansion of Shack-Hartmann Wavefront Sensors

김지연, 김민석, 엄태경, 박상훈, 이준호\*, 윤성기

한국과학기술원 기계공학과, \*국립공주대학교 영상광정보공학부

ele1111@kaist.ac.kr

삭-하트만 파면 센서(Shack-Hartmann wavefront sensor)는 파면의 위상 정보를 측정하는 센서이며, 파면의 국부적인 기울기를 계산하여 전체 입사 파면을 복원하는 간단한 구조와 원리의 장점이 있다. 이러한 삭-하트만 센서의 장점 때문에 사용목적에 따라 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 특히 광학 부품의 정밀한 표면형상을 측정하거나 지상에서 찍은 위성의 이미지를 개선하기 위해서 널리 사용되고 있다.

그러나 삭-하트만 센서는 제한된 영역의 측정범위를 가지는 단점이 있다. Fig.1은 하나의 렌즈를 배열에 입사하는 파면의 국부적 기울기에 대하여 점영상이 맺히는 위치를 나타낸 것이다. 일반적인 삭-하트만 센서는 하나의 점영상에 대한 중심점을 추출하여 중심점의 이동량을 통해 파면의 국부 기울기를 계산, 파면을 복원하는 원리를 가진다. 따라서 하나의 점영상에 대한 정확한 중심점의 추출을 위하여 Fig.2에서 보이는 하나의 하부개구 내에 점영상이 존재하여야 한다. 하지만 큰 기울기를 포함하는 파면이 삭-하트만 센서에 입사하게 되면 Fig.2의 점영상과 같이 측정범위를 벗어나게 되어 일반적인 방법으로는 파면의 국부적인 기울기를 계산할 수 없게 되는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 다양한 연구가 그 동안 활발히 진행되었으나 각각의 구성 시스템의 특성에 맞게 특정한 장비를 추가하는 등의 개별적인 방법들이 적용되고 있다. 따라서 특정 측정시스템에만 국한된 알고리즘이 아닌 모든 파면이 측정 가능하면서 추가적인 장비가 없이 일반적인 삭-하트만 파면 센서가 지니고 있는 측정범위의 한계를 극복하는 알고리즘이 필요하다.

본 연구에서는 다음과 같은 가정 하에 측정범위 확장에 관한 알고리즘을 제안하였다.

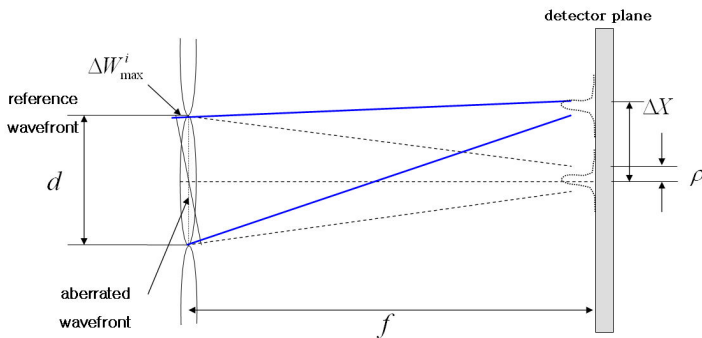


Fig.1 하나의 렌즈를 배열에 대한 측정 범위

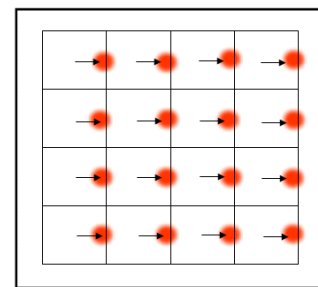


Fig.2 하부개구 영역과 점영상

1. 기준 파면의 점영상과 측정 파면의 점영상의 수는 동일하다.
2. 검출기 영역에 생성된 점영상을 서로 겹치지 않는다.
3. 배열렌즈를 통과한 점영상들이 서로 교차하지 않는다.

일반적인 파면 측정 방법이 각 하부개구에 대한 중심점 탐색영역을 설정하는 것과 달리, 이미지 프로세싱 기법을 이용하여 설정된 탐색영역 내에서 중심점을 추출하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 최적화된 문턱치를 이용한 바이너리 이미지를 획득하여 중심점 탐색 영역을 설정하고 그 내부에서 무게 중심법을 통하여 중심점을 추출한다. 이미지 프로세싱을 이용한 중심점 탐색영역 설정 및 중심점 추출은 Fig.3에 나타내었다.

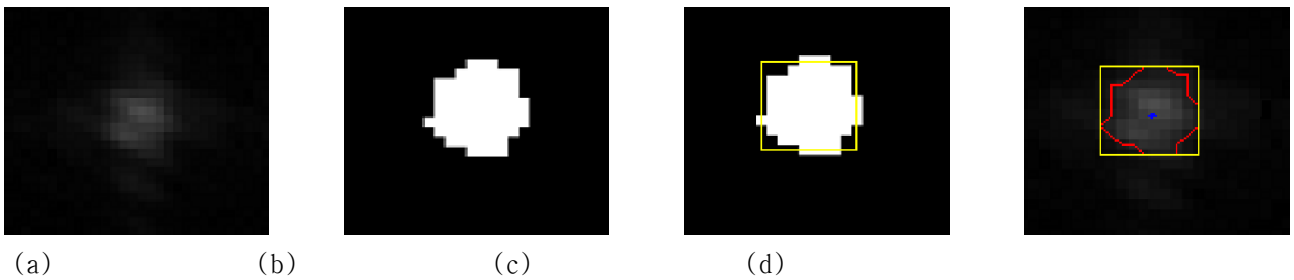


Fig.3 이미지 프로세싱 기법을 이용한 중심점 탐색영역 설정 및 중심점 추출

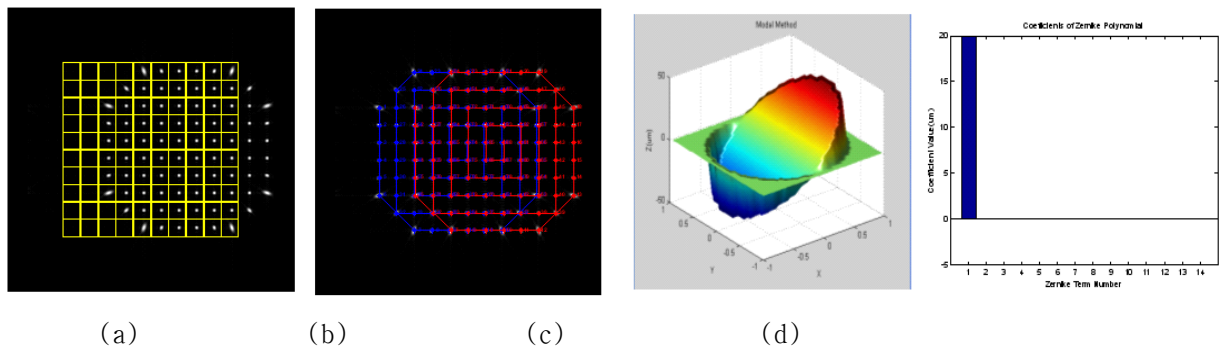


Fig.4 점영상 대응법을 이용한 파면 측정 결과

이 방법을 이용하면 확장된 영역에 대하여 측정영상과 기준영상의 각 점영상에 대한 중심점을 추출할 수 있다. 두 영상의 모든 점영상에 대해 외각부터 순차적으로 번호를 부여하여 1대1 대응 시키는 점영상 대응법을 이용하면 모든 점영상의 이동량을 계산할 수 있다. 이를 통해 국부적인 기울기를 구하여 전영역의 파면을 재구성할 수 있다. 이와 같이 중심점 탐색법과 점영상 대응법을 이용한 알고리즘을 도입하여 전산모사와 실험을 통해 제안된 알고리즘의 확장성 및 정확성을 검증하였다.

본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 국방과학연구소의 지원을 받은 것입니다.

참고 문헌

1. R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, "Digital Image Processing Using MatLab," Pearson Education, Inc. (2004).
2. K. W. Roh, "A study on the Improvement of Wavefront Sensing Accuracy for Shack-Hartmann Sensor," Optical Society of Korea (2006).