

다중 해상도 상관관계법을 이용한 삭-하트만 파면 측정 센서의 중심점 탐색 방법 연구

A Study on the Multi-Resolution Correlation Centroiding Algorithm for Shack-Hartmann Wavefront Sensors

유재은, 윤성기

한국과학기술원 기계공학과

jewun@kaist.ac.kr

삭-하트만 센서에서 점영상의 중심점 측정 시의 오차는 파면측정의 정확도에 큰 영향을 미친다. 따라서 점영상의 정확한 중심점 측정은 중요하다. 중심점 측정에 일반적으로 쓰이는 방법인 무게중심법은 계산량이 적기 때문에 고속 파면 보정 시스템에서 주로 사용되지만 노이즈에 약하다. 상관관계법은 중심점 측정을 위한 방법 중 비교적 최근에 제시된 방법으로 노이즈에 강한 특성을 보인다.⁽¹⁾ 반면에 계산 속도가 느리다. 상관관계법을 이용한 중심점 측정방법의 속도를 개선하면 노이즈의 영향이 큰 고속 파면 보정 시스템에서 정확한 중심점을 계산할 수 있게 된다. 따라서 본 연구에서는 다중 해상도 이미지를 이용하여 상관관계법의 계산 범위를 줄이는 중심점 탐색 방법을 제안하고자 한다.

다중 해상도 상관관계법의 중심점 탐색과정은 다음과 같다. 원본 이미지에서 특정 크기로 평균값을 취하여 해상도를 낮추고 저장한다. 해상도가 가장 낮은 서브어퍼처 이미지에서 중심점 후보점을 찾고 보다 높은 해상도 이미지에서 전 단계에서 찾은 중심점 후보점 근처의 영역에서 보다 세밀하게 중심점 후보점을 찾는다. 이와 같은 과정을 반복하여 최종적인 중심점을 찾는다.

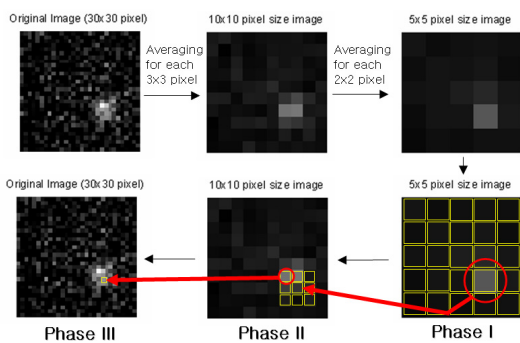


그림 1. 다중 해상도 상관관계법의 중심점 탐색과정

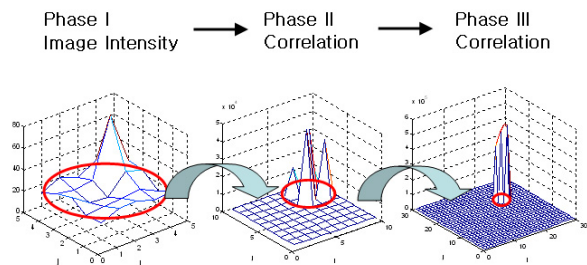


그림 2. 각 단계의 중심점 탐색범위의 축소

본 연구에서는 세 가지 단계의 해상도 이미지를 이용하였다. 1단계에서는 광강도가 가장 높은 점을 중심점 후보로 결정한다. 2단계에서는 일부의 정해진 점에 대한 상관관계를 계산하여 가장 큰 상관관계를 갖는 점을 중심점 후보로 결정한다. 3단계에서는 2단계에서 구한 중심점을 기준으로 주위의 4점의 상관관계를 계산하여 가장 큰 상관관계를 갖는 방향으로 이동하면서 상관관계가 가장 큰 점을 탐색한다. 그림 3은 3단계 과정을 나타낸다.

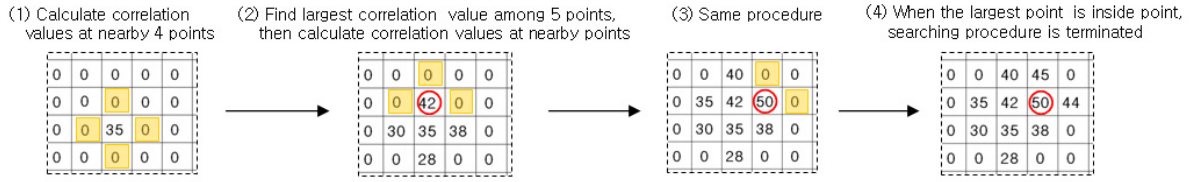


그림 3. 마지막 단계의 중심점 탐색 과정 (그림의 숫자는 각 픽셀에서의 상관관계를 나타낸다)

	문턱치 적용 무게중심법 (COM-TH)	고속 푸리에 변환 상관관계법 (FFT-COR)	다중 해상도 상관관계법 (Multi-Res-COR)
탐색 시간(ms)	0.198	0.543	0.195-0.322

표 1. 다중 해상도 상관관계법의 계산속도 (한 서브어퍼처 이미지에서 중심점을 찾는 데 걸리는 시간)

제안된 다중 해상도 상관관계법의 중심점 측정 정확도를 전산모사를 통해 고속 푸리에 변환을 이용한 상관관계법과 무게중심법의 결과와 비교하였다. 이상적인 회절 점영상의 강도 분포를 생성하고 포톤 노이즈(Photon noise)와 관독 노이즈(Readout noise)를 추가하여 이미지를 생성하고⁽²⁾ 각 방법으로 중심점을 측정하여 오차를 계산하였다. 그림 4와 그림 5에서 다중 해상도 상관관계법은 중심점 측정 오차가 무게중심법보다 작고 고속 푸리에 변환 상관관계법과 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 표 1에서 다중 해상도 상관관계법의 계산속도는 고속 푸리에 변환 상관관계법보다 빠르고 무게중심법에 가까운 것을 확인 할 수 있다. 따라서 다중 해상도 상관관계법은 노이즈가 강한 저광량 실시간 파면 보정 시스템에 응용 가능할 것으로 생각된다.

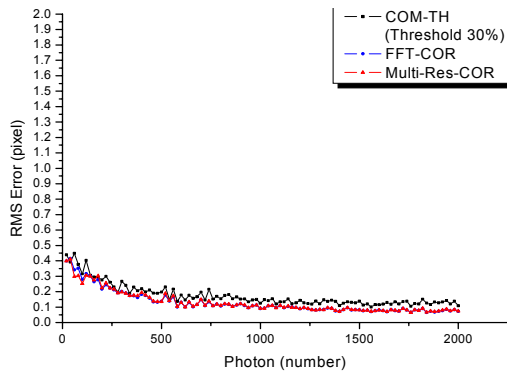


그림 4. 입사 포톤수에 따른 중심점 탐색 방법의 오차 비교(Readout noise=0)

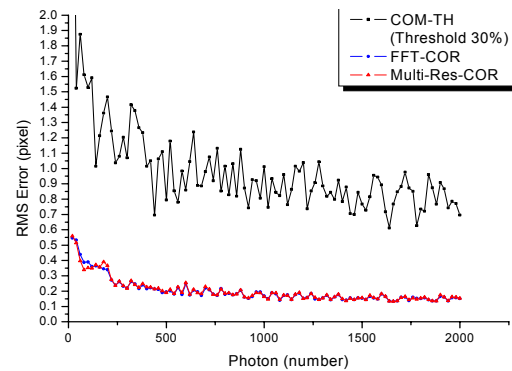


그림 5. 입사 포톤수에 따른 중심점 탐색 방법의 오차 비교(Readout noise=2)

본 연구는 한국과학기술원 영상정보센터를 통한 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. L.A. Poyneer, "Correlation wavefront sensing for Shack-Hartmann-based Adaptive Optics with a point source", Lawrence Livermore National Lab Document September (2003)
2. Michael C. Roggemann, Byron M. Welsh, "Imaging through turbulence," CRC press, 1996