

적응광학계 파면보정 시스템의 보정성능에 대한 연구

A Study on the Correction Performance of the Wavefront Correction System for Adaptive Optics

김지연, 유재은, 엄태경, 이준호*, 윤성기

한국과학기술원 기계공학과, *국립공주대학교 영상광정보공학부

ele1111@kaist.ac.kr

적응광학은 실시간 파면을 제어하는 분야로써 천체 망원경의 이미지 특성을 개선하기 위하여 Babcock이 최초로 제안하였다. 그 후 적응광학 기술은 지상에 설치된 대형 망원경 시스템에 적용되어 대기의 효과를 제거한 천문관측에 적용되었다. 대기에 의한 외곡을 제거할 수 있는 기술을 적용하면, 막대한 비용이 드는 우주용 망원경 대신 더 큰 규모의 광학계를 이용한 지상용 망원경으로 선명한 상을 얻을 수 있는 큰 장점이 있다.

적응광학은 Fig.1과 같이 크게 파면측정 시스템(Wavefront sensor system), 파면보정 시스템(Wavefront correction system), 그리고 제어 시스템(Control system)의 세 가지 요소로 구성되어 있다. 파면측정 시스템이 파면의 오차를 측정하고, 제어 시스템에서 오차를 보정하기 위한 신호를 발생시키면, 파면보정 시스템이 파면 오차를 보정해주는 구조로 되어있다.

본 연구에서는 변형거울을 이용하여 파면보정 시스템 하드웨어를 구성하고 파면보정 알고리즘을 도출한다. 이렇게 구성된 파면보정 시스템을 통하여 실시간으로 변화하는 파면왜곡을 보정함으로써 시스템을 평가한다. 시스템을 구성하는데 가장 중요한 변형거울로는 Fig.2와 같이 내구성과 보정성능이 뛰어난 OKO사의 37채널 PZT 타입 변형거울을 선정하였다.

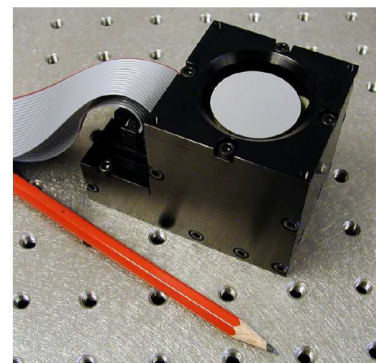
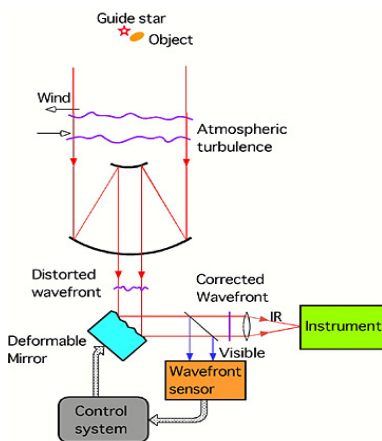


Fig.1 천체 망원경에 사용되는 적응 광학계

Fig.2 PZT 타입의 변형거울 (OKO사)

각 구동기에 대한 영향 함수는 간섭계에 의하여 Fig.3과 같이 측정되었다.

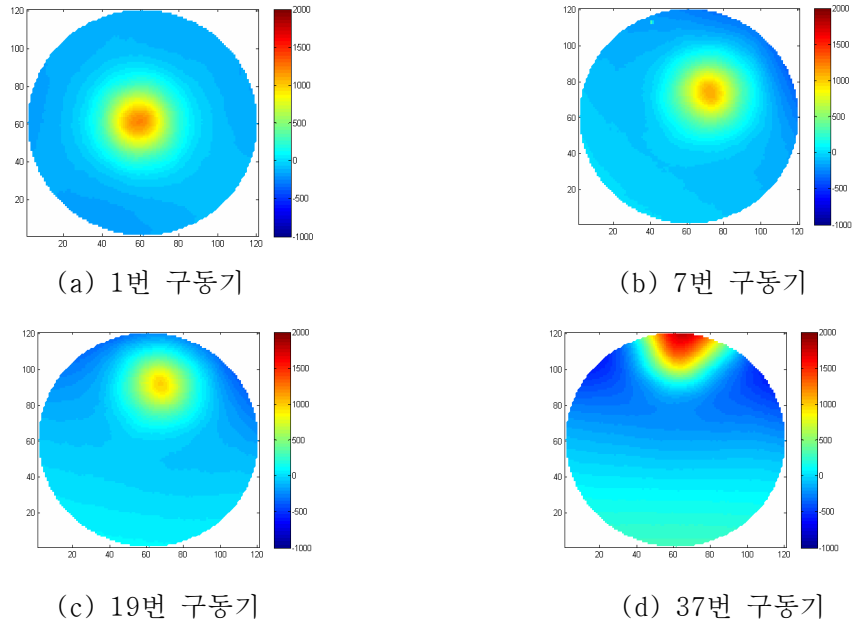


Fig.3 간섭계로 측정한 각 구동기의 영향 함수

변형거울 각 구동기에 인가된 구동신호와 이때 측정된 위상에 의하여 식 1과 같이 영향 함수 행렬 B_{ij} 를 계산한다. 이때 A_i 는 각 구동기 구동신호에 대한 벡터이며 ϕ_j 는 삭-하트만 센서 각 서브어퍼처에서의 위상값을 나타낸다.

$$\Phi_j = B_{ij}A_i \quad (1)$$

$$A'_i = B_{ij}^{-1}\Phi'_j \quad (2)$$

측정 파면에 대한 보정을 위해 식 2와 같이 앞서 계산된 영향 함수 행렬 B_{ij} 를 역으로 이용한다. 보정해야 하는 파면의 위상 값을 간단히 영향 함수 행렬에 대한 역행렬과 연산하면 각 구동기에 인가해야 할 전압 신호를 얻을 수 있다. 이렇게 구현된 파면보정 알고리즘을 적용하여 파면보정 시스템을 구성하였다. 그리고 실시간 변화하는 파면에 대한 실시간 보정성능을 평가하고 PID 컨트롤 계인을 조정하여 보정성능을 향상시켰다.

본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다. (계약번호 UD070007AD)

참고 문헌

1. H. W. Babcock, "The possibility of compensating astronomical seeing," Publication of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 65, pp. 229-236 (1953).
2. T. K. Uhm et.al. "A study on the actuator arrays of a deformable mirror for adaptive optics," Optical Society of Korea, Vol. 13, No. 5, pp. 442-448 (2002).