

HILS를 이용한 적응광학계 파면보정 시스템 성능 평가

The Evaluation of the Correction Performance of the Wavefront Correction System using Hardware in the Loop Simulation

김지연, 임찬경, 엄태경, 윤성기
 한국과학기술원 기계공학과
 ele1111@kaist.ac.kr

대기난류에 의해 왜곡되는 파면을 실시간으로 보정하여 선명한 상을 얻는 기술인 적응광학은 Fig.1과 같이 크게 파면측정 시스템(Wavefront sensor system), 파면보상 시스템(Wavefront correction system), 그리고 제어 시스템(Control system)의 세 가지 요소로 구성되어 있다. 파면측정 시스템이 파면의 왜곡정도를 측정하고, 제어 시스템에서 파면왜곡을 보정하기 위한 신호를 발생시키면, 파면보정 시스템이 측정 왜곡을 보정해준다.

Fig.2는 내구성과 보정성능이 뛰어난 OKO사의 37채널 PZT 타입 변형거울을 이용하여 실험실에서 구성한 파면보정 시스템 하드웨어를 보여주고 있다. 파면측정은 렌즐릿 배열(Lenslet array)을 통해 CMOS 카메라로 이미지를 센싱하고 측정하는 삭-하트만 센서를 이용하였다. 시스템에 적용한 파면보정 알고리즘을 일반적으로 사용하는 지역(Zonal)제어와 모드(Modal)제어를 각각 구현하고 적용하여 비교 분석을 수행하였다. 이렇게 구성된 파면보정 시스템을 검증하기 위해서 실시간으로 변화하는 파면왜곡을 임의로 발생시켜 보정 실험을 수행하고 보정성능을 평가해야 하는데 이는 동일한 조건에서 반복 실험이 어렵다는 단점이 있다. 또한 이러한 검증실험에는 많은 비용 및 넓은 공간이 필요하다.

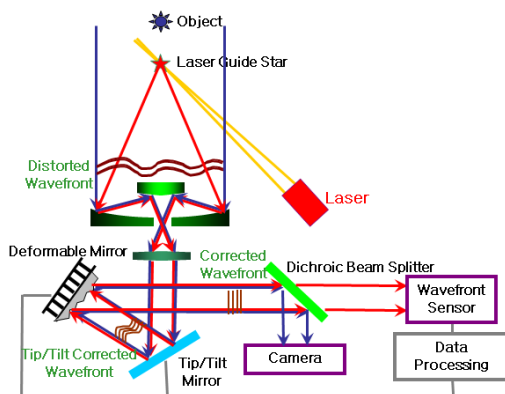


Fig.1 천체 망원경에 사용되는 적응광학계

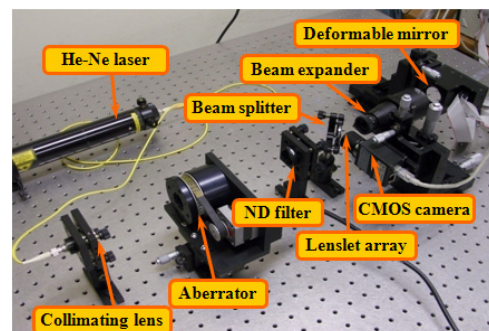


Fig.2 파면보정 시스템 구성도

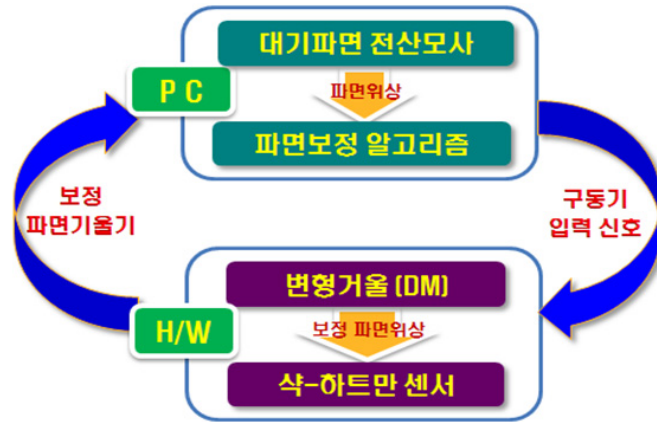


Fig.3 HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) 시스템 구성도

이와 같은 검증 실험의 단점을 보완한 것이 HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation) 기법이다. HILS 기법은 수치적으로 모델링이 어려운 비선형성을 갖는 구성요소를 실제 하드웨어와 연동하여 구현하는 것이다. 따라서 수학적 모델과 하드웨어가 혼합된 폐루프 시스템을 구성하여 실시간 시뮬레이션을 수행하는 기법이다. 기존의 검증실험이나 수치적 전산모사에서의 단점을 모두 보완하며 비용을 대폭 절감할 수 있고, 시간 및 공간적인 제약을 줄일 수 있는 장점을 가지게 된다.

본 연구에서 구축한 HILS 시스템의 구성도를 Fig.3에서 보여주고 있다. Host PC와 타겟 시스템으로 구성된 실시간(Real-time) 시뮬레이션 환경을 구축하고, 여기서 대기파면 전산모사를 이용하여 실제 구현이 어려운 임의의 왜곡파면을 발생시켰다. 타겟 시스템에서의 파면측정 알고리즘 및 파면보정 알고리즘을 통해 이렇게 발생된 왜곡파면의 보정을 위한 DM 구동기 입력 신호를 계산하여 실제 변형거울 하드웨어에 인가된다. 그리고 DM에 의해 보정되는 정도를 측정하기 위해서 실제 삭-하트만 센서에서 렌즐릿 배열을 통과한 빔을 CMOS 카메라로 센싱하여 실제 DM 표면의 보정 파면기울기 정보를 계산한다. 그리고 다시 대기파면 전산모사를 통해 왜곡파면을 생성하게 된다. 이때 대기모사 입력파면에 대하여 실제 DM 하드웨어를 통한 보정오차를 고려하며 실시간으로 이 과정을 반복함으로써 파면보정 시스템에 대하여 평가하는 연구를 수행하였다.

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

참고 문헌

1. R. K. Tyson, "Principles of Adaptive Optics, 2nd edition," Academic press (1998).
2. N. Roddier, "Atmospheric wavefront simulation using Zernike polynomials," Optical Engineering, Vol. 29, No. 10, pp. 1174-1180 (1990).
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).