

피라미드형의 프리즘을 이용한 동공면 파면 측정 전산 모사

Simulation of Pupil plane wavefront sensing with a static pyramidal prism

이준호^{***}, A. P. Doel^{**}, D.D. Walker^{**}

한국과학기술원, 인공위성연구센터*, 런던대학교(U.C.L.) Optical Science Laboratory**

jhl@satrec.kaist.ac.kr

I. 서론

보상광학(Adaptive Optics)은 막 흐르는 대기 또는 매개체에 의한 왜곡을 제거 또는 보상하는 시스템이다⁽¹⁾. 그 시스템의 구성요소 중 파동앞면 측정장치(Wavefront Sensor)는 그러한 왜곡을 측정하는 센서로, Shearing interferometer, Shack-Hartman, Curvature wavefront sensor 등이 널리 사용되어 왔으며, Pugh⁽²⁾와 Ragazzoni⁽³⁾가 피라미드형의 프리즘을 이용한 동공면 파면 측정을 새로이 제시했다. 본 연구에서는 동공면 파면 측정을 전산모사하여, 제니케 다항식에 대한 센서의 결과를 얻고, 분석하였다.

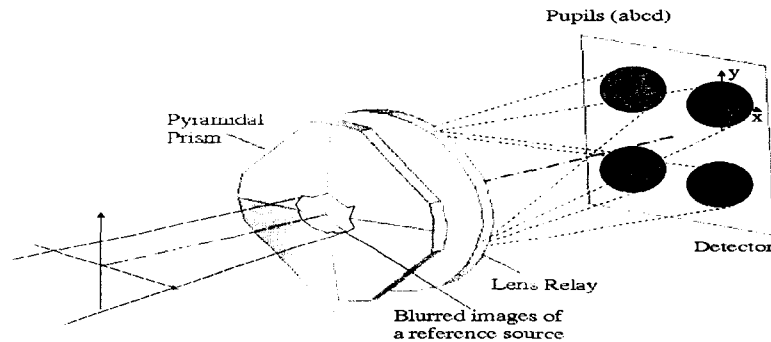


그림 1: 동공면 파면 측정 장치의 개념도.

그림 1은 동공면 파면 측정 장치의 개념도를 보여주는 것으로, 초점이 대략적으로 피라미드형의 프리즘의 꼭지점에 위치하면, 프리즘 형의 프리즘 각 면에 도달하는 빛은 각기 다른 방향으로 굴절되어, 4개의 동공 상이 검출 면에 맺히게 된다. 한 동공 면에 모인 빛의 양은 그 관계된 프리즘 면에 도달한 빛의 양에 의해 결정된다는 사실로부터, 그림 1에서는 a,b 또는 c,d처럼 두 개의 동공 상을 합함으로써 Foucault test에 의한 상을 얻을 수 있다는 것을 알았다. 또한, 비슷하게 Ragazzoni⁽³⁾는 다음과 4개의 동공상의 산술적인 계산에 의해 파면의 기울기를 구할 수 있다고 제시했다.

$$\frac{\partial W}{\partial x} = C \frac{(a+b)-(c+d)}{a+b+c+d}; \quad \frac{\partial W}{\partial y} = C \frac{(a+c)-(b+d)}{a+b+c+d} \quad (1)$$

여기서, a,b,c,d는 4개의 동공상의 세기(Intensity) 분포를 나타내며, x,y는 각 동공면에서의 표준화된 좌표계다 ($x^2 + y^2 = 1$). 또한, W는 파동앞엿선을 나타내며, C는 상수이다.

II. 동공면 파면 측정장치의 전산 모사

망원경 구경에 대해 왜곡된 파면을 발생시킨 다음, 파면을 푸리에 변환하여 그 망원경의 Point Spread Function (PSF)을 얻고, PSF를 4분한 다음 각각을 다시 푸리에 변환하여 4개의 동공 상을 얻었다.

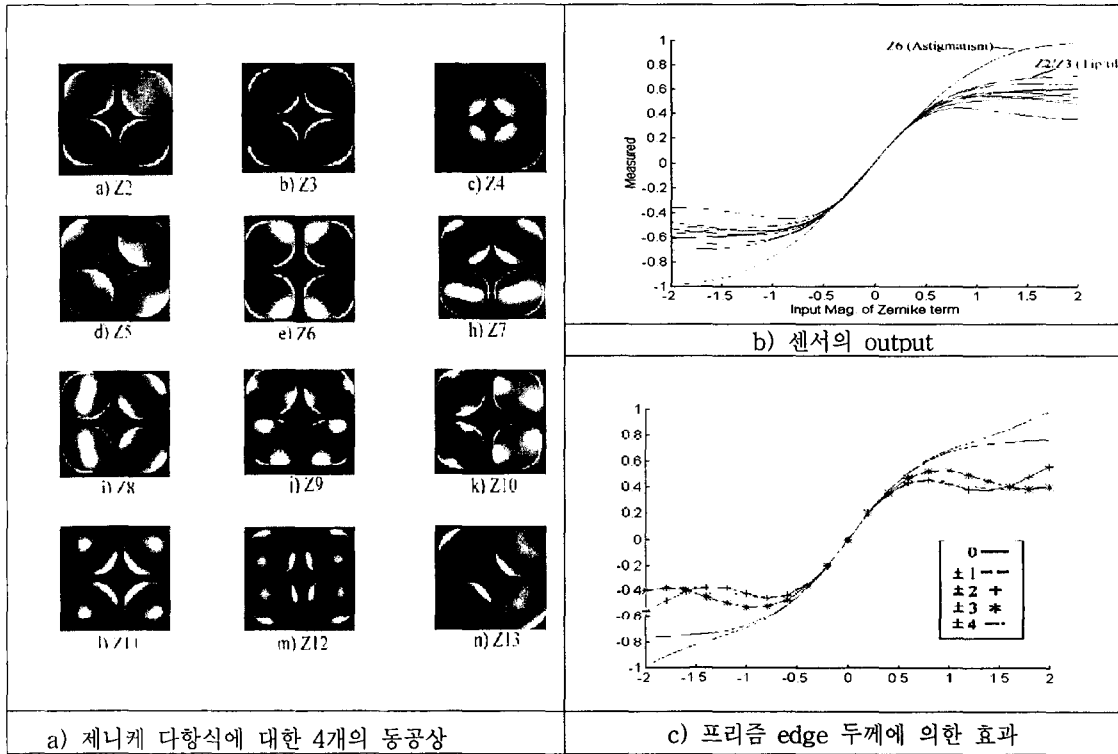


그림 2: 전산 모사의 결과

III. 결과 해석

망원경 피라미드형의 프리즘을 이용한 동공 파면 측정은 PSF의 꼭지점이 프리즘의 꼭지점으로부터 Airy Radius의 반 정도 안에 들어왔을 때, 완전한 파면 측정을 할 수 있다는 사실을 알았고, 이로부터 이 센서는 작은 파면 오차를 갖은 경우에만 사용될 수 있다는 것을 발견했다. 또한, 프리즘의 edge가 유한한 두께를 갖고 있을 때, 센서가 더 좋은 성능을 보인다는 것을 알았다.

1. J.M. Beckers, "Adaptive Optics for Astronomy: Principles, Performances and Applications, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*", Vol. 31, pp. 13-62, 1993
2. N. Pugh, D. Lobb, D. Walker, T. Williams, Pupil-imaging wavefront gradient sensor, *Proc. SPIE*, Vol. 2534, pp. 312-317, 1995
3. R. Ragazzoni, Pupil plane wavefront sensing with an oscillating prism, *Journal of modern optics*, Vol. 43(2), pp. 289-293, 1996