GMT 적응광학(Adaptive Optics) 소개

글 : 이동욱

지상에서 천체를 관측할 때 빛이 지구대기를 통과해서 오기 때문에 별은 반짝거린다. 이러한 반짝거림은 정밀한 천체 관측에 방해가 되기 때문에 이를 최대한 피하고자 천체망원경을 높은 산위로 올려 보냈고, 우주에도 띄워 올렸다. 그러나 적응광학 기술은 지상에서도 우주 망원경이 보는 것과 같은 천체의 영상을 얻을 수 있게 해주었다. 적응광학은 우리의 눈이 영상의 초점을 조절하기 위해 수정체 근육을 수축, 이완시키는 원리를 구현한 것이다. 이번 호를 통해 적응광학에 대해 알아보자.

1) 적응광학(Adaptive Optics, AO)이란 무엇인가?

지상 망원경이 천체를 관측할 때 반드시 지구대기를 통과해 온 빛을 보게 되는데, 대기에 의한 관측영상 흐림(blurring; 대류, 바람, 밀도차, 온도차 등)의 요인들에 의한 대기 중 굴절율의 부분적 변화가 시간에 따라 발생한다. 그래서 지상에서 관측한 천체의 영상은 우주공간(대기권 바깥의 진공우주)에서 관측한 우주관측위성의 영상에 비하면 영상의 정밀도(해상도)가 크게 떨어진다. 이러한 지상관측의 난점을 해결하고자 하는 첨단 전자광학기술이 바로 적응광학이다. 적응광학 시스템은 관측지역 상공의 대기 중에 레이저를 이용하여 인공별을 만들고, 이것으로부터 관측 중 대기요동 변화의 정량적 지표로 삼아서 천체에서 오는 빛의 파면 요동을 역추적한다. 이를 통해 망원경에 입사하는 빛의 파면왜곡을 변형거울, 혹은 적응광학부경으로 수정하여, 대기에 의한 영상의 질 저하 문제를 해결한다. 이렇게 함으로써 마치 우주공간에서 회절한계의 관측처럼 해주는 첨단 기술이다. 적응광학을 간단히 천문학적으로 표현하자면, 천체영상의 'seeing'을 'diffraction limit(회절한계)'까지 선명히 관측하게 하는 대기효과의 보정장치이다. 이러한 기술은 천문학뿐만 아니라, 군사, 의료장비, 통신, 핵관련 연구 등 다양한 산업적 파급응용성이 있다.

2) GMT AO의 종류

GMT(Giant Magellan Telescope, 거대 마젤란 망원경)는 세계 최고 수준의 대형망원경답게 최첨단의 AO장비를 다양하게 구비할 계획이다. 7개의 8m급 주경과 7개의 그레고리안 1m 부경이 각기 1대 1로 매치가 되어서 구동된다. AO도 각각의 시스템이 각기 작동하면서도 7개 전체가 조화를 이루면서 작동하게 된다. GMT AO가 추구하는 기본목표는 더 넓은 광시야를 얻는 것과 다중거울망원경에서의 AO작동이다.

기본적으로 GMT AO 시스템은 크게 세 부분으로 구성된다. Sodium(나트륨) 레이저 인공별 발진 시스템, 파면측정 및 부경을 이용한 파면교정 시스템, 그리고 전체적인 시스템의 작동을 Loop화해서 AO의 파면 보정이 관측시간동안 영상의 최적화를 자동적으로 수행하게 하는 Loop 전자제어 시스템으로 구성된다. GMT AO의 경우 레이저별을 사용하면서 AO 시스템의 파면보정 에러가 레이저별을 사용할 때 200nm 이하의 정밀도를 예상하고 있다. 다양한 과학적 관측조건에 따라서 여러 가지 방식의 AO 모드들이 계획 중인데, GLAO(저층대기보정AO), MCAO나 TLAO(다중켤레AO, 단층 레이저 AO), ExAO(극한 대비AO) 등이 계획되고 있다. 이들의 각각의 특징을 살펴보면 다음과 같다.

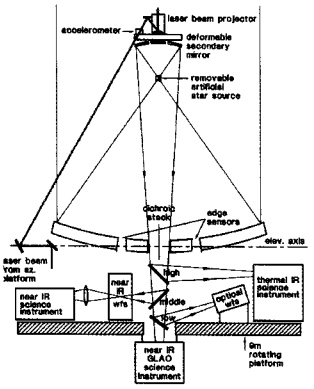
3) GMT AO의 특징

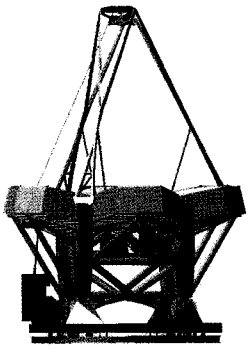
먼저 가장 널리 쓰이고 기술적 난이도가 적은 AO는 GLAO로 알려져 있다. 일반적으로 관측소가 위치한 부근의 저층 대기가 관측영상의 질에 가장 큰 영향을 미치는 것이 알려져 있다. 그래서 이 저층대기에 의한 파면 보정을 하는 것이 AO의 성능에 가장 중요한 요소로 알려져 있다. GMT에서는 J, H, 그리고 K 밴드에서 되도록 넓은 하늘의 파면정보를 보정할 수 있도록 관측지역 상공에 5개의 레이저 인공별을 발생시켜서, 최대 8분각의 시야가 AO보정이 가능하도록 계획하고 있다. 그리고 15W급의 Sodium 레이저 2기를 사용할 예정이다. 현재까지 1개 이상의 레이저 인공별을 사용한 예는 미국의 MMT 망원경이 유일한 것으로 알려져 있으나, 레이저 및 AO의 성능요구조건도 월등한 GMT의 다중레이저 가이드 인공별은 향후 최첨단 AO의 상징이 될 것이다.

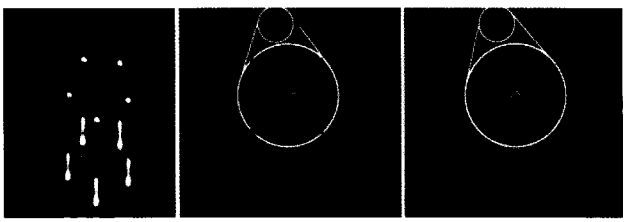
MCAO는 대기 중 다수 난류층의 효과를 종합적으로 보정하여 보정시야가 넓은 최첨단 AO이다. 이것을 사용하면 GMT에서의 AO보정 H밴드의 시야각이 약 18″(K밴드는 25″) 정도가 될 수도 있지만, 아직 GMT의 기초 디자인에는 들어가 있지 않고, 망원경의 건설 후에나 개발될 예정인 고난이도 기술분야이다. MCAO의 일부인 TRAO는 다중의 레이저 가이드 별들과 단층적인 대기 난류분석을 통해서 적응부경을 이용하여 MCAO에 비해서 비교적 간단한 단층적 솔루션을 구하여 AO를 구현한다.

ExAO는 GMT가 추구하는 또 다른 중요한 AO 시스템으로, 외계행성계를 직접적인 영상관측으로 찾아내기 위해서 계획된 것이다. 일반적으로 외계행성계는 밝은 모성에 비해서 수만~수십만 배 어두운 행성을 가까이에 거느린, 명암이 매우 강한 상황이므로 분해능이 충족되어도 관측이 쉽지 않다. 이러한 강한 명암 상황에서 유효하게 쓰이도록 개발하는 것이 ExAO이다.

이러한 GMT의 여러 AO는 천문학 연구의 질을 한 차원 높여주어서 첨단 연구를 가능하게 해줄 것이다. 특히, 고분해능의 영상관측이 필요한 연구분야가 이와 관련이 많다. 예를 들어서, 외계행성의 영상검출, 외부은하내의 성단분해나 고적색편이 AGN의 Bulge 연구와 Super Massive Black Hole, 그리고 Quasar host galaxy의 연구, 광시야 관측으로 얻은 넓은 영역의 중력렌즈효과를 이용한 은하간 암흑물질탐사 등에도 훌륭한 진전을 기대할 수 있을 것이다.







▲ GMT의 Sodium laser로부터 형성된 5개의 Laser 인공별자리와 AO보정전후의 비교 영상실험

◀ GMT AO 개념도