

컴퓨터 안에서 우주와 조우한다

지구대기 상공에서 관측을 수행하고 있는 허블 우주망원경의 모습

NASA/STScI

인간이 우주에서 감지 가능한 물질은 단 4% 뿐 국제 가상천문대 구축사업 진행중

글_ 김상철 한국천문연구원 박사 sckim@kao.re.kr

기획연재순서

- 1 21세기의 물리학
- 2 21세기의 화학
- 3 21세기의 생명과학
- 4 21세기의 수학
- 5 21세기의 천문학

먹고 사는 문제, 좀 더 부유해지고자 하는 인간의 욕망, 주변의 사람들과의 관계 등 인간사에 무관하게 매일 뜨고 지는 해와 달, 그리고 밤하늘의 별의 세계는 늘 인간에게 경외의 대상이었다. 해의 운동에 맞추어 사람들은 낮에는 활동하고 밤에는 잠을 잤고, 이것을 하루(日)라는 개념의 시작으로 삼았다. 밤에 주로 보이는 달의 운동이 규칙적이라는 사실을 알아냄으로써 달이 지구를 한 바

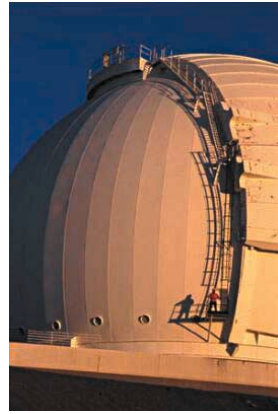
퀴 돌면서 모양이 변하는 주기를 이용해 달(月)이라는 개념을 만들었고, 계절이 변하는 주기를 찾아내 해(年)라는 시간의 범위를 정해서 사용했다. 수십 년의 개인의 인생사가 지나고 수백 년의 인간 역사가 흘러도 늘 그대로인 듯 보이는 우주의 세계를 향한 동경이 고대로부터 천문학을 키워온 원동력이다.

우주를 관측하는 도구가 사람의 눈뿐이었던 시대와 비교해서 망원경이 개발된



Tony and Daphne Heales

안드로메다자리의 은하 M31



Serge Bruner

미국 하와이의 마우나 케아 산 정상에 있는 켈(Keck) 10m 망원경의 돔에서 작업하는 사람의 모습. 돔의 높이는 8층 건물에 해당한다.

이후에 우주에 대한 우리의 인식은 현격히 변화했다. 사람의 눈이 구별해 낼 수 있는 최소각도인 1'의 정확도로 천체들을 관측해서 자료를 남겼던 덴마크의 천문학자 티코 브라헤(Tycho Brahe; 1546~1601)가 망원경 이전 시절의 마지막이자 가장 위대한 관측자일 것이다. 티코 브라헤가 남겼던 많은 관측자료 덕분에 그의 제자였던 요하네스 케플러(Johannes Kepler, 1571~1630)는 태양계 천체들의 운동에 관한 세 가지 법칙을 발견해낼 수 있었다.

지름이 큰 망원경일수록 집광력 우수

갈릴레오 갈릴레이(Galileo Galilei, 1564~1642)가 망원경을 이용해서 처음으로 천체 관측을 시작하고, 19세기 중·후반부터 사진이 천체 관측에 사용되기 시작하면서 천문학은 눈부신 발전의 기틀을 마련했다. 사진의 도입 이전에는 천체를 눈으로 보고 스케치하는 데만 그쳤으나, 사진기 필름은 눈으로 볼 수 있는 상이 생길 때까지 광자(빛)를 모을 수 있으므로 인간이 관측할 수 있는 지평을 더 먼 우주로 넓혔다. 따라서 과거에는 볼 수 없었던 새로운 별들과 천체들을 사진을 이용함으로써 계속 발견해 낼 수 있었다. 아울러 사진은 별들의 상대적인 위치와

밝기를 기록해 놓을 수 있으므로 시간차를 두고 위치나 밝기가 변하는 천체를 찾고 정량적인 연구를 하는데 이용할 수 있었다.

전하결합소자(CCD; Charge-Coupled Device)라는 검출기가 사용되는 지금도 그렇지만, 사진술이 천문학에 확고히 정착되기 시작한 20세기에도 대형 망원경의 확보가 천문학 발전의 주요 열쇠였다. 천문학은 우리 머리 위의 우주가 어떻게 구성되어 있고, 과거와 미래가 어떠한가를 알고자 하는 학문이므로 먼저 '보는' 것이 중요하다. 보기 위해서는 천문학적인 '눈'이 필요하고 그것이 바로 망원경인 것이다. 지상의 망원경에서는 멀리 있는 물체가 얼마나 확대되는가를 이야기하는 배율이 중요하지만, 우주를 관측하는데 있어서는 이러한 배율보다도 어두운 천체의 빛을 얼마나 잘 모을 수 있는가 하는 집광력(集光力)이 중요하다. 이것은 지하실에서 잃어버린 동전을 찾을 때 돋보기보다 성냥불이 더 요긴한 것과 같은 이치이다.

망원경에서의 집광력은 바로 망원경의 지름에 의해 결정되므로, 우주를 연구하고자 하는 선진국들은 앞을 다투어 지름이 큰 망원경, 대형 망원경을 만들고자 하는 것이다.

1925년 허블, 또 다른 은하 발견

지금은 초등학교생들도 알고 있는 은하(galaxy)를 인간이 비로소 인지하게 된 것은 1920년대 중반이었다. 그 이전까지 사람들은 비록 지구는 우주의 중심이 아닐지라도 태양이 우주의 중심일 것이라고 생각하고 있었으며, 태양, 달, 별, 별들 사이의 가스 성운들로 이루어진 우리 우주가 우주의 전부라고 생각하고 있었다. 현대의 용어로 말하자면 우리 은하가 곧 우주라고 생각하고 있었던 것이다. 그러나 이러한 생각들은 1910~1920년대 들어 바뀌기 시작한다.

1910년대말에 미국의 천문학자 할로 샤펴플리(Harlow Shapley, 1885~1972)는 우리 은하 구상성단들의 관측으로부터 태양은 우리 은하의 중심이 아닌 가장자리에 위치하고 있음을 보임으로써 제2의 코페르니쿠스적 혁명을 가져왔다. 또한 미국 캘리포니아의 윌슨산에 1917년에 건설되었던 당시 세계 최대의 망원경인 지름 2.5m의 반사망원경으로 관측연구를 수행하던 에드윈 허블(Edwin Hubble; 1889~1953)은, 1925년에 안드로메다자리의 메시에 목록 31번(M31) 성운이 우리 은하처럼 수많은 별들을 포함하고 있으며 우리 은하의 크기보다도 큰 거리에 떨어져 있으므로 사실은 성운이 아니라 우리

은하와 같은 또 다른 은하라는 사실을 보였다. 아인슈타인도 알아내지 못했던 우주의 팽창 사실을 알아낸 사람도 이 윌슨산 망원경으로 아주 먼 거리의 은하들을 관측하던 허블이었다.

최고를 향한 세계 각국 경쟁 치열

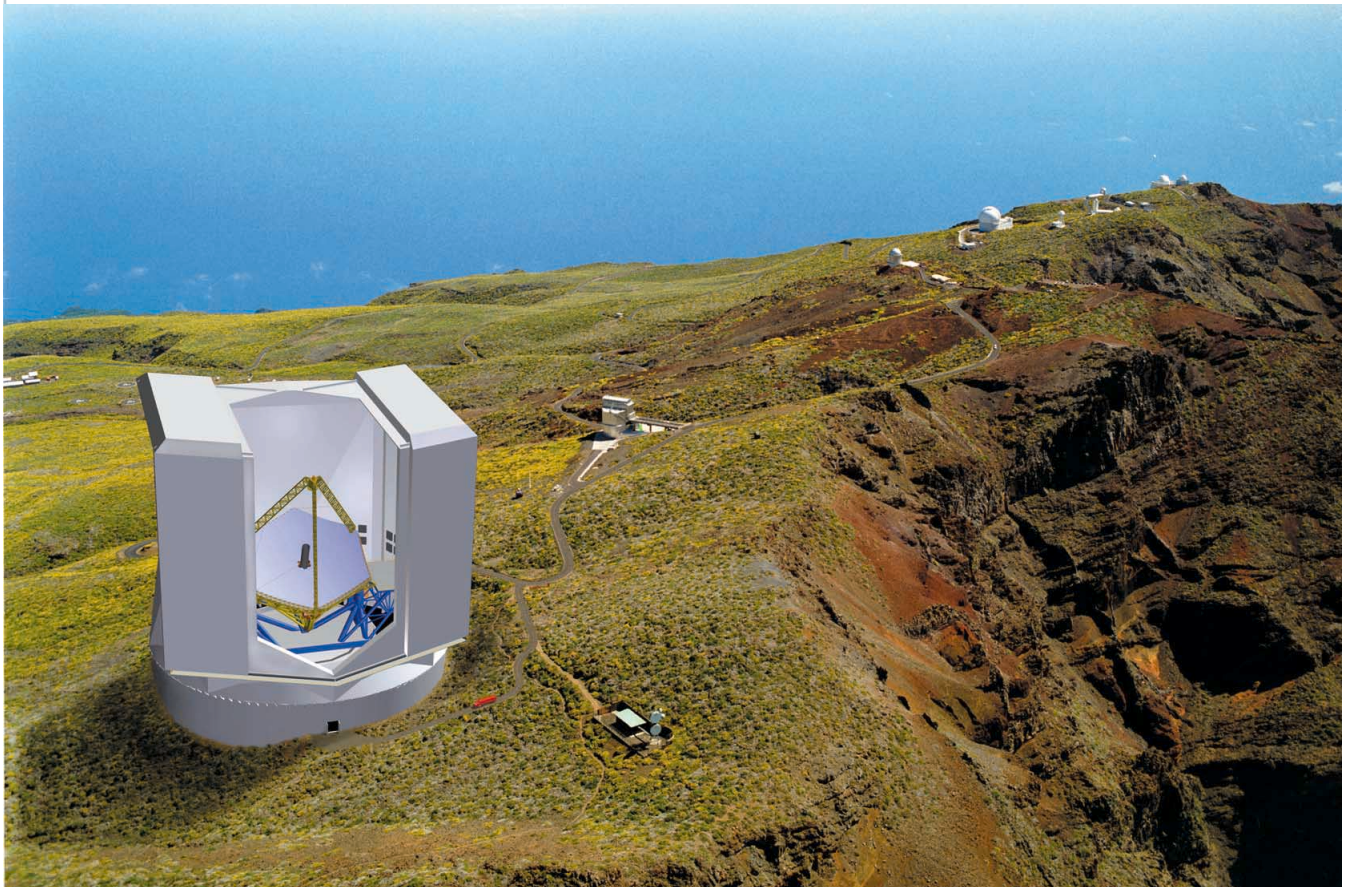
미국은 윌슨산 망원경이 가동되자 곧바로 또 다른 대형 광학망원경 건설에 착수하여 1947년에 캘리포니아 팔로마산에 또 다시 세계 최대의 망원경인 지름 5m 짜리 망원경을 완성한다. 이 망원경은 현재까지도 사용되고 있을 만큼 견고하고 정밀하게 건설되었다. 20세기말에 들어서서는 이러한 경쟁에 여러 나라가 참여한다. 먼저 1974년에 구소련이 코카서스 지

방에 6m 망원경을 건설하고, 1979년에는 다시 미국이 애리조나주 홉킨스산에 6.5m 망원경(Multi Mirror Telescope)을 만든다. 1992년과 1996년에는 미국이 하와이 마우나 케아산에 지름 10m의 켈(Keck) 망원경 2대를 세우고, 1998~2001년에는 유럽연합이 미국과 경쟁할 목적으로 남반구 칠레에 8.2m 망원경(Very Large Telescope) 4대를 건설한다. 1999년에는 일본이 하와이 마우나 케아산에 지름 8.3m 스바루(Subaru) 망원경을 만들고, 미국은 텍사스 파울키스산에 지름 9.2m의 망원경(Hobby-Everly Telescope)을 만든다. 1999년과 2000년에는 미국, 영국, 캐나다, 칠레, 오스트레일리아, 아르헨티나, 브라질 등 7개국 연

합이 8.1m 망원경 (Gemini) 2대를 만들어 한 대는 하와이 마우나 케아산에, 또한 대는 칠레 세로 파촌에 두었다. 또한 같은 2000년에 미국은 6.5m 망원경 (Magellan) 2대를 칠레의 라스 캄파나스에 건설하였다.

이러한 대형 광학망원경 건설 추세는 앞으로도 계속될 전망이다. 현재 건설중인 망원경만 해도 미국 애리조나의 8.4m 망원경 2대(Large Binocular Telescope), 스페인의 10.4m 망원경 (Gran Telescopio Canarias), 남아프리카 공화국의 9.2m 망원경(South African Large Telescope), 캐나다의 6m 망원경(Large Zenith Telescope) 등이 있다. 또한 현재 미국은 30~50m 망원경을 건설하고자

핀란드 · 아일랜드 · 스페인 · 스웨덴 · 영국의 5개국이 건설하고자 계획중인 50m 광학망원경 상상도. 돔 앞의 길 위를 지나가는 빨간색의 트레일러가 재미처럼 보인다.



Lund Observatory, Sweden

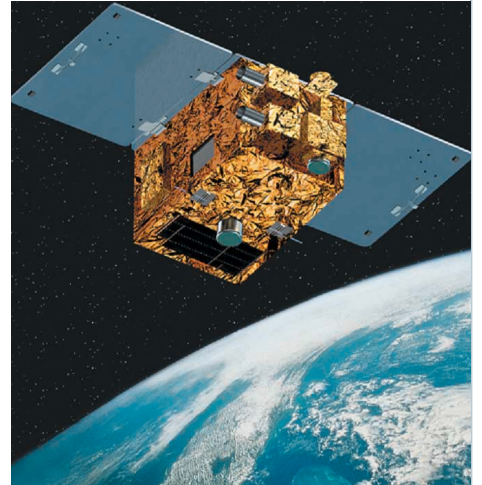
추진중이고, 유럽연합은 100m 망원경을, 핀란드·아일랜드·스페인·스웨덴·영국의 5개국 연합은 50m 망원경을, 그리고 캐나다는 20m 망원경을 건설하고자 추진하고 있다. 한국은 2015년까지 8m 망원경을 건설하고자 추진 중이다.

현대 천문학 연구에 있어서 빼 놓을 수 없는 부분은 우주망원경이다. 지상에서는 가시광과 전파밖에 관측할 수 없으므로 일찍이 1970년대부터 천문학자들은 X-선 망원경, 자외선 망원경, 적외선 망원경 등을 우주에 쏘아 올려 인간의 관측 파장대를 넓혀왔다. 또한 별빛이 지상에 있는 망원경까지 도달하는 동안 지구 대기 때문에 흔들려서 상이 흐려지는 현상을 피하기 위해 광학과 전파 파장을 관측하는 망원경도 우주에 띄워 올림으로써 지상에서는 관측하기 힘든 선명한 영상들을 얻고 있다. 그 대표적인 망원경이 허블 우주망원경이다.

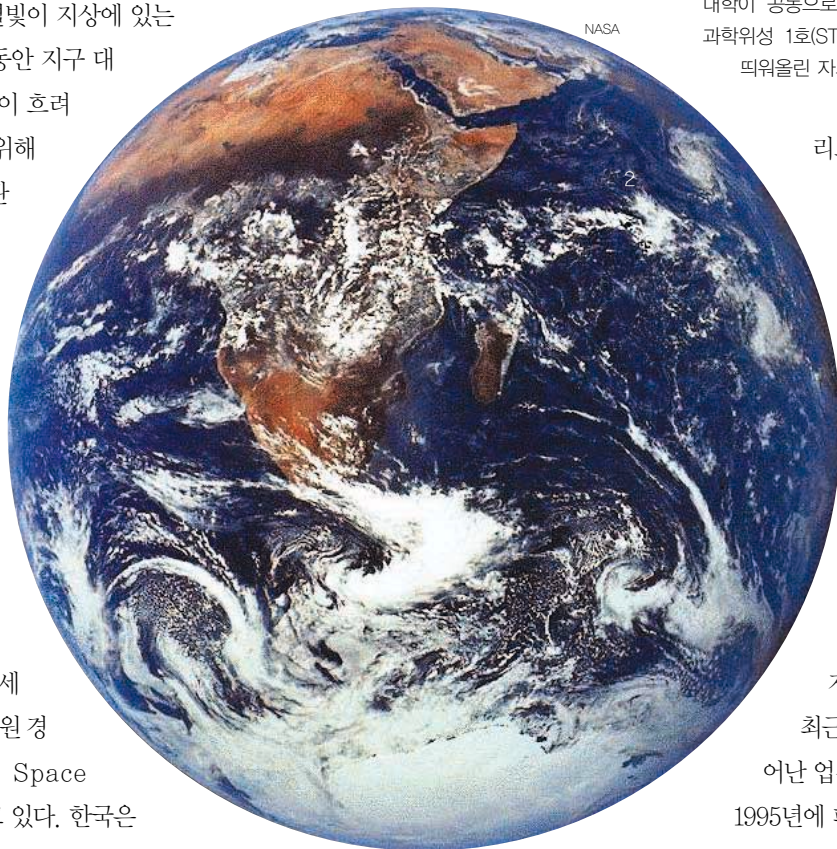
미국은 허블 우주망원경을 대신하여 2010년대에 활동할 차세대 적외선 우주망원경(James Webb Space Telescope)을 건설하고 있다. 한국은 연세대학교 자외선우주망원경연구단·미항공우주국(NASA) 등이 공동으로 2003년 4월 28일에 우주로 띄워 올린 갤렉스(GALEX: Galaxy Evolution Explorer) 자외선 우주망원경과 한국천문연구원·한국과학기술원·미국 버클

리대학이 공동으로 개발하여 2003년 9월 27일에 과학위성 1호(STSAT-1)의 주탑재체로 우주로 띄워 올린 자외선우주망원경 핼스(FIMS: Far-ultraviolet Imaging Spectrograph)를 이용한 우주 관측을 시작했다.

또한 2010년대에 띄워 올려 원적외선 관측을 주로 하는 3.5m 적외선 우주망원경(SPICA: Space Infrared telescope for Cosmology and Astrophysics)을 일본 우주과학연구소와 공동으로 추진하고 있다.



한국천문연구원·한국과학기술원·미국 버클리 대학이 공동으로 개발하여 2003년 9월 27일 과학위성 1호(STSAT-1)의 주탑재체로 우주로 띄워 올린 자외선우주망원경 핼스



가장 아름다운 행성 지구

최근까지 태양계 밖 외계 행성 119개 발견

이러한 망원경들이 관측하고 연구하는 대상은 태양계 밖의 별들과 성운, 그리고 우리 은하 바깥의 수많은 외부 은하들, 그

리고 우주의 거대구조들과 인간이 볼 수 있는 우주의 끝부분 등 다양하다. 그 중에서도 1995년 이후 119개를 찾아낸 태양계 밖 행성 탐색과 WMAP(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) 위성관측으로부터 도출해 낸 우주론적인 인자들의 새로운 값 등은 최근의 주요 연구성과로 뛰어난 업적들이다.

1995년에 페가수스자리 51번 별 주위를 도는 행성이 처음 발견됨으로써 인간이 알고 있던 행성의 세계가 태양계의 아홉 개를 지나 외계 행성계로 확장되기 시작했다.

외계에 생명체가 있을까 하는 궁금증에서부터 시작된 외계 행성계 탐색은 별들

까지의 어마어마한 거리 때문에 어려움을 겪어 왔다. 태양은 지구보다 109배 정도 큰데, 만약 태양의 크기를 1mm라고 생각하면 가장 가까이 있는 또 다른 1mm 크기의 별은 60km 가량의 거리에 즉, 서울-수원 정도의 거리에 떨어져 있고 그 사이는 거의 진공이다. 우리는 1mm 크기의 태양으로부터 15cm 떨어져 있는 0.01mm 크기의 지구에서 나뭇대로 큰 망원경을 만든 후 60km 떨어져 있는 별 옆에서 그 별의 100분의 1 정도의 크기를 가지고 있는-지구 같은 돌덩어리 또는 목성과 같은 가스 행성을 찾는 셈인 것이다.

그러나 최신의 관측기술 덕분에 이들 외계 행성이 별의 속도에 미치는 영향, 행성이 별 앞을 지나갈 때 별빛을 가려서 별빛을 어둡게 만드는 현상 등의 정밀한 관측으로부터 우리는 첫행성을 발견한 지 10년도 채 되기 전에 104개의 행성계를 찾아냈다. 여기에는 두 개 이상의 행성을 가진 13개의 다중 행성계가 포함되므로 총 119개의 외계 행성 목록을 가지게 된 것이다. 별과 별 사이의 막대한 거리 때문에 아직은 행성을 직접 보지는 못하고 행성이 미치는 영향을 측정함으로써 간접적으로 그 존재를 알아내고 있으나 직접 행성의 영상을 볼 수 있는 날도 멀지않아 올 것이다.

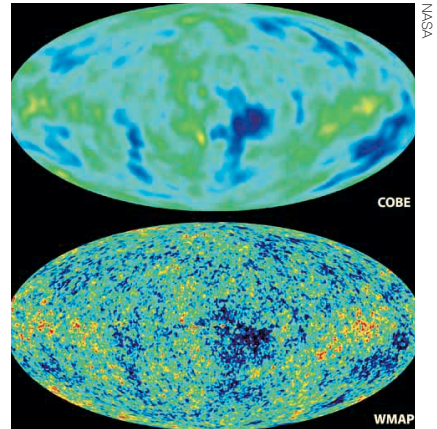
가상의 망원경으로 가상 우주 관측

2001년 6월 30일에 미항공우주국이 우주에 띄워 올려서 우주 대폭발(Big Bang)의 잔해인 우주배경복사(Cosmic Microwave Background Radiation)의 온도를 아주 정확히 측정하는 일을 했던 WMAP 위성은 새로운 많은 결과를 가져다 주었다. WMAP 위성이 관측한 빛은

우주 대폭발 이후 37만9천년 뒤에 나온 빛인데, 다시 말하자면 지금으로부터 약 130억 년쯤 전의, 거의 태고의 빛인 셈이다. 마치 80세 된 노인의 과거를 거슬러 올라가서 태어나던 날의 사진을 찍은 셈이 된다. <그림7>은 1992년에 처음 이 관측을 수행했던 COBE 위성자료와의 비교를 보여 주는데 WMAP 위성 자료가 훨씬 향상된 정확도로 관측했음을 쉽게 알 수 있다.

이 관측으로부터 우주의 나이를 정확하게 재고, 우주 팽창 모형을 검증하는 등 혁신적인 결과가 도출되었다. 이전까지는 우주의 나이가 125억 년과 170억 년 사이일 것이라는 대략적인 값을 가지다가 허블 우주망원경의 활약으로 좀 더 자세한 값을 도출했었는데, WMAP 위성 자료로부터 137억 년이라는 정확한 우주의 나이값을 가지게 되었다. 아울러 인간이 감지해 낼 수 있는 물질은 우주의 4% 정도만을 차지할 뿐이고, 약 23%는 눈에 보이지 않는 물질인 암흑물질(Dark Matter)이, 그리고 그 나머지만 약 73%는 암흑에너지로 이루어져 있음을 알아냈다. 이는 과거와 비교해 수치적으로 정확한 우주론을 연구할 수 있는 시대가 도래했음을 알려주는 중요한 결과다.

1990년대 말부터 천문학에서도 홀로 하는 연구가 점점 사라지고 있다. 대형망원경과 우주망원경의 활동이 두드러진 21세기에는 이러한 공동연구의 경향이 더욱 짙어질 전망이다. 이제는 천문학 자료 하면 이러한 거대 시설로 관측한 자료가 대부분이다. 혼자 어느 천문대에 올라가 1~3m 크기의 망원경을 이용해 며칠 동안 관측한 결과를 이용해 연구를 수행하던 식의 관측방법이 미래에는 보기 드물



COBE 위성과 WMAP 위성이 관측한 우주 대폭발(Big Bang)의 잔해인 우주배경복사 온도를 비교한 그림. WMAP이 훨씬 정확한 결과를 얻었다.

게 되고, 대형 시설을 하나 또는 그 이상 이용해서 관측한 어마어마한 양의 자료를 이용하여 여러 명, 때로는 수십 명의 국제적인 팀이 공동으로 연구를 수행하는 식의 연구가 활성화되고 있다.

최근에는 과거의 모든 관측 자료와, 새로운 대형 관측시설에서 얻어지는 모든 천문학 관측자료들을 모아 컴퓨터에 넣어둠으로써 컴퓨터 안에 '가상의 우주'를 만들어 놓고 '가상의 망원경'인 첨단 무른 모(software)를 동원하여 '관측'을 수행하는 것과 똑같은 상황을 만들어 관측자료를 얻고 새로운 차원의 연구를 수행하고자 하는 가상천문대(virtual observatory) 구축 사업이 국제적인 협조 속에 수행되고 있다.

이러한 국제가상천문대가 만들어지면 멀리 있는 산꼭대기의 천문대까지 가서 밤을 새며 관측하는 시간을 아끼면서 손쉽게 원하는 관측자료를, 그것도 파장이나 관측 방법 등의 다양한 요구조건에 맞는 자료를 얻을 수 있게 된다. 바야흐로 컴퓨터 안에서 '첨단의 우주'를 만날 수 있는 시대가 다가오는 것이다. ㉔