

# 인터넷 기반 원격천체관측 시스템 개발

양종우<sup>1</sup>, 김현문<sup>2</sup>, 김희수<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>인천진산과학고등학교, 인천광역시 403-866

<sup>2</sup>공주대학교사범대학부설중학교, 충청남도 314-100

<sup>3</sup>공주대학교 지구과학교육과, 충청남도 314-701

## Development of Internet-Based Automated Telescope System

Jong Woo Yang<sup>1</sup>, Hyun Moon Kim<sup>2</sup>, Hee Soo Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Incheon Jinsan Science High School, Incheon 403-866, Korea

<sup>2</sup>Kongju National University Middle School, Chungnam 314-100, Korea

<sup>3</sup>Earth Science Education Major, College of Education, Kongju National University, Chungnam 314-701, Korea

### 요약

본 연구에서는 인터넷으로 제어 할 수 있는 소형 원격 천체관측소를 개발하였다. FRP 소재의 돔은 지름이 2 m이고 양쪽으로 나뉘어 개폐되도록 설계하였다. 가대는 독일식 적도의 형태로 개발하였다. 그리고 가대는 파킹기능이 가능하도록 하였다. 경통은 FS102 굴절망원경을 탑재하였고 카메라를 접안부에 연결하여 원격지에서 컴퓨터를 제어하며 천체를 촬영할 수 있도록 하였다. 이 시스템의 지향 정밀도는 약 5'정도였고, 추적정밀도는 약 5분 정도였다. 밝은 천체(태양-달-목성) 중심으로 예비관측을 해본 결과 교육적으로 활용하기에 양호한 결과를 보여주었다.

**주제어** : 원격천문대, 원격천체관측, 원격천체망원경

### 서론

학생들은 천문학에 대해 많은 관심을 갖고 있지만 천체 관측에 있어서 망원경을 사용할 기회는 매우 적은 것이 현재의 상황이다. 실제로 중학생을 대상으로 한 과학교과 분야별 흥미도 조사 결과 천문학 분야에 대한 관심과 흥미가 다른 과학 분야에 비해 가장 높게 나타났다(김성기, 2005). 그러나 학교 현장에서는 천문학 및 천체 관측에 대한 학생들의 흥미와 관심이 거의 충족되지 못하고 있으며, 가르치기도 배우기도 어려운 과학 분야로 인식되어지고 있는 실정이다. 그 근본적 이유는 과학 교사의 천체 관측에 대한 경험 부족과 천체망원경과 천체관측 장비 부족 때문으로 볼 수 있다. 권경상(2007)에 의하면 중학교 과학 교사들이 과학 단원에서 가장 어렵게 여기는 분야

역시 천체 관측 및 천문학 분야라고 답하는 데에서도 그 근거를 찾아볼 수 있다. 이러한 결과들은 지구과학을 전공하지 않은 과학교사들이 천체 관측 단원에 대해 자신감을 잃게 하고 실습보다는 주로 단순 이론에만 치중하게 하여 학생들의 흥미를 더욱 떨어뜨리는 악순환을 낳기도 한다(권경상, 2007). 또한 천체망원경을 보유하고 있는 학교의 수가 고등학교에서 초등학교로 내려갈수록 급격히 감소하고 있으며, 이것을 다룰 수 있는 교사 역시 초등학교로 갈수록 절대적으로 부족한 것이 더 큰 문제점이라 할 수 있다. 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 교사와 학생들이 언제 어디서나 쉽게 천체관측을 수행할 수 있는 여건이 마련되어야 한다. 이에 대한 하나의 대안이 인터넷으로 손쉽게 관측할 수 있는 원격천체관측 시스템이다. 즉 관측자가 인터넷을 이용하여 원격지에 있는 컴퓨터를 켜고, 천체돔을 PC 화면을 지켜보면서 연 후, 천체망원경을 원하는 천체 위치로 이동시켜 접안부에 달린 카메라로 촬영하여, 그 영상을 실시간으로 활용할 수 있도록 한다면 천체망원경의 활용

\* 교신저자: heesoo54@kongju.ac.kr

• 2013년 5월 16일 접수, 2013년 5월 30일 수정, 2013년 6월 4일 통과

도도 높일 수 있고, 개별 학교에서는 시간과 예산도 절감할 뿐 아니라 천문 교육에서도 보다 역동적인 교수-학습과정이 진행될 수 있을 것이다(김희수 외, 2003; 김희수 외, 2007).

원격천체관측 시스템을 개발하여 활용하고 있는 국내의 예를 들면, 우리나라의 경우 한인우와 남옥원(1998)은 ‘중소형 망원경 제어 시스템 MS-TCS 개발’이라는 주제로 우리나라에서 망원경 자동화 시작 연구를 시작했고, 이어서 김혁(1999)은 한국 교원대학교 청람 천문대 16인치 망원경을 원격자동화한 연구결과가 있다. 또 김희수 외(2003, 2007)는 공주대학교 천문대 16인치 반사망원경과 14인치 반사굴절망원경을 원격 자동화하여 활용해오고 있다. 한국천문연구원에서는 미국 아리조나주 레몬산 천문대에 1m급 반사망원경을 설치하여 연구용으로 원격관측해오고 있다. 미국의 경우, 아이오와대학에서 운영해오고 있는 원격관측시스템, 하버드대학에서 운영하고 있는 원격관측시스템, 테네시 대학에서 운영하고 있는 원격관측시스템 등이 있는데 주로 연구용으로 활용해오고 있다. 호주의 경우, New South Wales 대학에서 운영하는 원격관측시스템에서는 슈미트 망원경에 CCD를 연결하여 온라인상에서 컴퓨터를 이용하여 관측할 수 있는 시스템으로 구성되어 관측해오고 있다. Svoren 등(2009)은 슬로바키 Skalnate Pleso 천체관측소에서 구경 30 cm(f/5) 망원경을 자동화하여 소행성관측을 수행한 결과도 있다.

Philip 등(2001)은 천체관측 교육용으로 6인치 반사망원경에 CCD 카메라를 연결하여 다수의 사용자들이 인터넷상에서 활용할 수 있도록 구성하였다. 그리하여 실제로 고등학생들이 원격망원경을 이용하여 태양계 행성들, 혜성, 소행성 그리고 외부 은하와 성운까지 관측하여 그 결과를 탐구활동에 이용한 예를

보여주고 있다. Budding(1995)은 뉴질랜드 Carter 천체관측소에 소형자동화 망원경을 설치하여 운영하면서 자동화 망원경을 네트워크화 하면 천체관측의 효율성 즉 비용절감 효과와 천체관측의 편의성 등을 얻을 수 있다고 주장하였다. 이 외에도 러시아, 프랑스 등 여러 나라에서도 자동화망원경을 구축하여 교육과 연구에 활용해오고 있다. 그런데 국내에서 초중등교육용으로 소형 원격자동화망원경을 구축하여 현장교육에 활용하고 있는 예는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 각급 초중등학교에서 인터넷을 통해 활용할 수 있는 원격자동화 망원경시스템을 개발하여 과학교육과정에 제시된 천체 중심으로 시험관측을 수행한 다음, 교육적 활용 가능성을 알아보고자 한다.

## 연구 방법

### 원형 돔(Dome) 개발

원격 관측에서 천문대 돔은 관측자가 상주하는 공간이 아니기 때문에 망원경의 적정 회전 반경을 고려하여 그 크기를 작게하는 것이 유리하다. 본 연구에서는 다카하시 FS102(구경: 102 mm, 초점길이: 820 mm)의 전면 후드의 길이와 카메라를 장착한 길이를 고려하여 돔의 지름을 2m로 결정하였다. 재질은 햇빛과 물에 강한 FRP(섬유 강화 플라스틱: fiber reinforced plastics) 소재로 하였고, 부채꼴 모양의 6조각 주름이 양쪽으로 나뉘어 3조각씩 완전 개폐되도록 원형 돔 형식으로 설계하였다. 돔의 개폐는 돔 내부에 열기 및 닫기 버튼이 있어 직접 수동으로 개폐할 수도 있고, 인터넷으로도 개폐할 수 있도록 구성

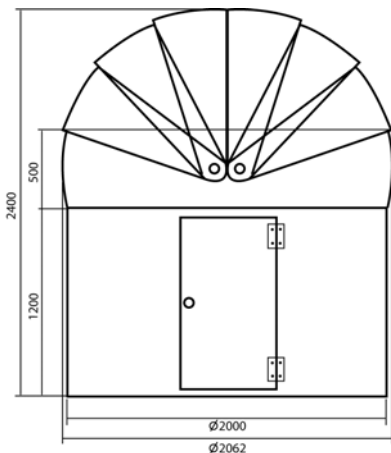


그림 1. 돔 설계도.



그림 2. 완성된 돔.



그림 3. 강우센서.

되어 있다. 그림 1과 그림 2는 돔 설계도와 완성된 돔의 모습이다. 또한 그림 3과 같이 돔의 외벽에 12 V에서 운용되는 독일 KEMO사의 강우센서(rain sensor)를 장착하여 원격관측의 제한점이었던 우천 상황을 대비할 수 있도록 하였다.

### 적도의식 가대 개발

가대는 일반적으로 소형천체망원경에서 많이 사용하는 독일식 적도의 형식을 적용하여 개발하였다. 적경 축과 적위 축은 외부의 펄스신호를 받아 구동되는 정밀도와 제어가 뛰어난 스테핑 모터(Stepping motor)를 부착하여 타이밍벨트로 동력을 전달하였고, 포토 센서(Photo Sensor)를 이용하여 망원경을 파킹(Parking)시킬 수 있도록 하였다. 그림 4와 그림 5는 적도의식 가대의 설계도와 실제 개발한 가대의 모습이다. 다카하시 EM200과 비슷한 약 15 kg의 중량을 최대로 탑재 할 수 있도록 하였다.

원격 관측에서 중요한 기능 중의 하나는 관측이 모두 종료된 후, 망원경을 지정된 원점으로 이동시켜야 한다. 망원경이 파킹(Parking)위치에 있지 않을 경우 열린 루프(open loop) 시스템이 되어 다음 관측부터는 망원경을 대상 천체로 GOTO 시킬 수 없게 된다. 따라서 망원경을 지정된 원점으로 이동시킬 수 있는 홈 스위치가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 그림 6과 같이 오토닉스(Autronics)사의 BS5-L2M 포토 마이크로 센서(Photo Micro Sensor)를 이용하여 망원경을 지정된 위치에 파킹(Parking)시킬 수 있도록 하였다.

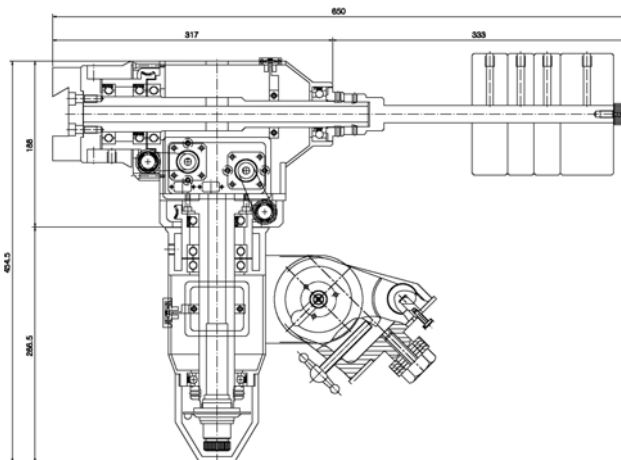


그림 4. 적도의 설계도.



그림 6. 포토센서.

### 전자 제어부 개발

망원경 자동화에 사용되는 전자 제어부는 크게 제어기와 마이크로스텝 드라이버로 나눌 수 있다. 본 시스템에 사용된 제어기는 한국천문연구원에서 개발한 TCS-196을 이용하였고, 마이크로스텝 드라이버는 오토닉스(Autronics)사의 5상 마이크로스텝드라이버를 사용하였다. 이들을 하나의 상자에 넣어서 그 이름을 제어부(CONTROLLER)라고 이름 붙였으며 이 제어부를 PC에서 제어하기 위해 PC와 직렬 포트를 이용하여 연결하였다. 그림 7은 컨트롤러 내부 모습이다.



그림 7. 제어부(CONTROLLER).



그림 5. 개발된 적도의.

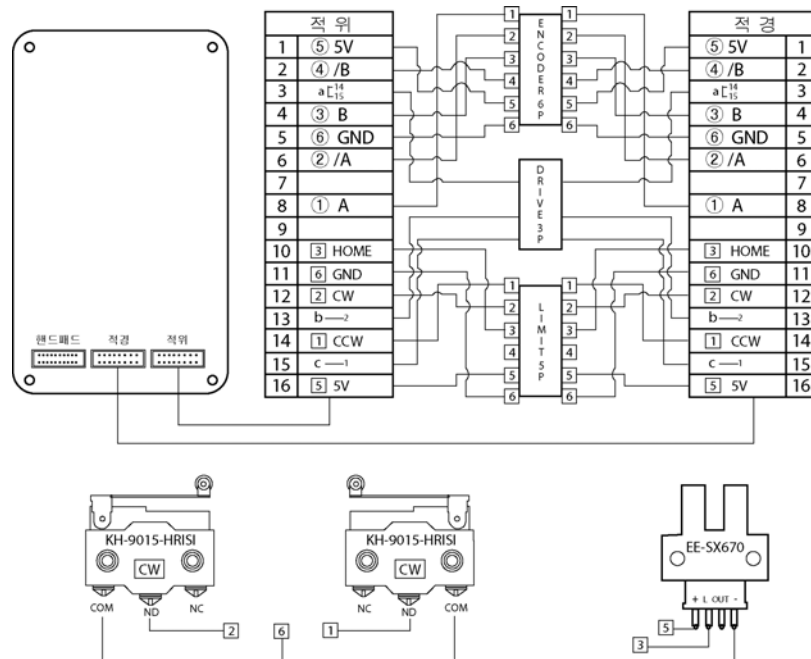


그림 8. 제어부 적경 적위 결선도.

제어기는 인텔사에서 공급하는 16 bit 마이크로컨트롤러인 80C196 KC를 이용하여 구현되어졌으며 본 시스템의 구동에 알맞게 수정하여 제작되었다. 마이크로컨트롤러에는 시리얼통신, ADC(Analog to Digital Convertor), PWM(Pulse Width Modulation), 디지털 입출력, 카운터 등의 다양한 기능이 내재되어 있다. PC와 연결된 제어기는 복잡한 천문 계산이나 제어 기능은 PC에서 수행하고, 제어기에서는 간단한 일만을 처리하도록 하였고, PC와 제어기 사이의 통신은 RS-232 시리얼 포트를 이용하였다. 그림 8은 제어부의 적경 적위 결선도를 나타낸 것으로 외부의 핸드패드나 PC에서 명령을 받아 작동되도록 구성하였다.

### 광학부 장착

본 연구의 소형원격관측시스템은 주로 밝은 천체를 목적으로 개발하였기 때문에 안정된 상과 경통의 무게를 고려하여 그림 9의 다카하시 FS102 모델인 구경 102 mm(F = 820 mm)인 아포크로마틱 굴절망원경을 장착하였다. 이 망원경은 초점비(f/수)가 약 8정도로 사진관측에 유리하다.

### 감시카메라

원격관측에서 감시카메라의 역할은 돐의 개폐 여부와 적도

의 작동 상태 및 관측 대상의 탐색 여부, 더 나아가 하늘의 기상상태 등을 감지하는 사람의 시각과 같은 기능으로 대단히



그림 9. DOME 내부 모습.



그림 10. 관측소 내외부 감시 화면.

중요하다. 본 연구에서는 돔의 내부와 외부를 감시할 수 있도록 그림 10과 같이 2대의 감시 카메라를 장착하였다. 특히 지름 2m의 좁은 돔 내부용 카메라는 넓은 화각으로 감시할 수 있도록 시야각이 170°인 자동차용 후방카메라를 이용하였다.

#### 경통 초점 조절용 포커서(Focuser) 및 원격지 컴퓨터 부팅 및 화면 제어

천체 관측에서 대상 천체를 카메라로 촬영하기 전에 항상 초점이 정확한지 눈으로 확인하고 초점 조절 나사를 돌려 선명하게 맞추어야 한다. 원격 관측에서는 망원경의 초점조절 나사를 직접 조작할 수 없다. 따라서 관측자 손의 역할을 할 수 있는 PC 소프트웨어를 통하여 초점을 조절할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 그림 11과 같은 온도 보정이 가능한 미국 Technical Innovations사의 RoboFocus를 장착하여 컴퓨터로 영상을 확인하면서 정확한 초점을 잡을 수 있도록 하였다. 이 그림 좌측상단에 있는 것이 초점조절용 포커서로서 PC와 연결하면 PC에서 초점제어가 가능하고, 우측상단에 있는 것을 포커서에 연결하면 수동으로도 초점조절이 가능하다.



그림 11. RoboFocus.

#### 원격관측 천체망원경시스템의 기본 성능

지구 자전에 따른 천체의 움직임을 기계적으로 정확하게 추적하기 위해서는 적도의식 가대가 15"/sec의 속도로 움직여야 한다. 이를 위해 본 연구에서 적용한 원격관측 망원경 시스템의 기계적 고유상수는 표 1과 같다. 이러한 고유상수값을 이용하여 나중 망원경의 마운트모델링 과정을 수행하면 망원경을 원격자동화할 수 있게 된다. 마운트 모델링을 수행한 후 망원

표 1. 망원경의 성능.

항목	적경	적위
모터의 걸음 분해능	64.8" /펄스	64.8" /펄스
감속비율	1/1063.62	1/1063.62
망원경의 걸음 분해능	0.0609" /펄스	0.0609" /펄스
망원경의 추적 주파수	246.305Hz	246.305Hz
망원경의 이동 속도	0.5075° /초	0.5075° /초

경 중앙에 관측할 천체를 GOTO시켜 이 관측할 천체를 찾아가는 지향정밀도는 약 5'정도였고, 이미 망원경 중앙에 머물르고 있는 천체가 중앙에 머물러 있는 시간의 정확도인 추적정밀도는 약 5분 정도였다.

#### 원격관측 순서

원격관측을 위해서는 크게 7단계의 과정을 거쳐야 하는데 그 순서는 다음과 같다.

첫째, 천체망원경이 설치된 천문대의 컴퓨터를 부팅시킨다. 원격지에서 전화로 천문대 컴퓨터를 쉽게 부팅할 수 있도록 pconoff카드를 장착하였고 허가된 관측자만 컴퓨터를 켜고 끝 수 있도록 하였다.

둘째, 원격지에서 제어프로그램인 radmin viewer을 실행하여 ID와 PW를 입력한 후 천체망원경이 설치된 천문대 컴퓨터를 제어한다.

셋째, 관측 전 천문대 돔 내외에 설치된 감시카메라를 작동시켜 천문대 내외의 상황을 확인한다.

넷째, 천체망원경 구동프로그램(TCS)을 실행하고 천문대의 돔을 연다.

다섯째, 망원경 접안부에 연결된 디지털 카메라를 작동하기 위해 카메라구동프로그램(EOS UTIL)을 실행한다. 컴퓨터로 천체를 촬영하기 위해 캐논 EOS 500D의 LIVE VIEW 기능을 사용하였다.

여섯째, 천체망원경 구동프로그램(TCS)에서 원하는 천체를 선택한 후 망원경을 GOTO 시키고 천체를 망원경 시야 중심에 위치시킨다.

일곱째, 망원경 접안부 초점조절용 포커서(ROBO FOCUSE) 프로그램을 실행시키고 시험 촬영된 영상의 초점을 조절한 후 카메라 노출을 수정한다. 가장 좋은 영상이 얻어지도록 일곱 번째 과정을 반복한다. 그림 12는 원격관측 개념도이다.



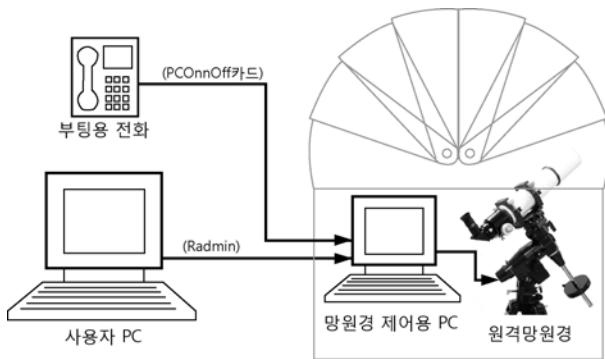


그림 12. 원격관측 개념도.

### 예비관측

여기서는 앞서 개발된 인터넷 기반 원격천체관측 시스템으로 초중등교육과정(교육과학기술부, 2009)에 제시된 천체와 관련된 내용(초등학교 3-4학년군의 지구와 달, 5-6학년군의 태양계와 별, 중학교군의 태양계, 고등학교 과학의 태양계와 지구, 지구과학 I에 제시된 천체관측과 우주탐사 등)이 태양, 달, 행성 등이 교육과정에서 다루는 주요 천체인 점을 고려하여 이들 천체 중심으로 예비관측을 실시하였다.

### 태양 관측

최근 태양활동이 극대기라서 흑점의 출현이 잦아지고 있어 원격천체관측 시스템을 이용하여 태양을 촬영하였다. 필터는 Baader사의 필름형 감광 필터를 사용하였고 캐논 EOS 500D 디지털 카메라를 직조점 방식으로 연결하였다. 그림 13은



그림 13. 태양 일식 및 흑점 관측.

2012년 5월 21일 일식현상이 일어날 때, ASA100, 1/4000sec로 태양을 원격관측하여 얻은 결과이다. 태양 표면의 흑점과 태양면 주변의 주연광광 효과가 잘 나타나있다. 이런 정도의 결과이면 태양표면의 흑점수 세기, 날짜별 태양 흑점의 위치변화를 통한 위도별 자전주기 활동 등을 수행할 수 있다. 참고로 SOHO 관측 자료는 태양관측용 SOHO 위성에서 실시간으로 태양을 관측하여 그 결과를 인터넷에 제공하면 그 결과를 볼 수만 있지만 본 연구에서는 자신이 직접 원격지에 있는 망원경을 직접 제어하면서 태양관측 결과를 얻을 수 있다는 차이점이 있다.

### 달 관측

달은 많은 학생들이 관측하고 싶은 천체 중 하나지만 사진으로 촬영하여 학습 자료로 활용하기에는 다소 어려움이 따른다. 천체망원경과 촬영용 액세서리 구입, 망원경 설치 후 T링 연결, 카메라 부착 등 일선 학교에서 사진 촬영을 위해 모든 장비를 갖춘 곳은 그리 많지 않다. 그림 14는 ASA3200, 1sec로 촬영한 월면 사진이다. 달 크레이터의 모습이 잘 보인다.



그림 14. 달의 확대촬영 결과.

### 행성 관측

행성의 촬영은 행성 중, 비교적 밝은 목성을 선택하여 촬영하였다. 그림 15는 투유캠이라는 웹카메라를 망원경 접안부에 연결해둔 다음, 인터넷을 통해 목성을 1분 노출주어 얻은 결과이다. 촬영 결과에서 볼 수 있듯이 목성의 대적반이 잘 보여 언



그림 15. 목성의 확대촬영 결과.

속적으로 관측하면 대적반의 이동결과를 통해 목성의 자전주기 등을 구할 수 있을 것이다. 만약 목성의 배율을 보다 높이거나 배율을 낮추어 4대 위성 등을 관측하려면 미리 망원경 접안부에 바로우나 리듀서 등을 연결해두고 나서 인터넷을 통한 온라인 관측이나 오프라인 관측을 실시해야 할 것이다.

## 결론 및 제언

OECD가 최근에 발간한 데이터에 의하면, 한국은 고속 무선 인터넷 액세스 보급률이 이미 100%를 초과한 최초의 국가라고 하였다. 본 연구에서는 이것을 기반으로 할 수 있는 인터넷을 활용한 원격 천체관측시스템을 개발하였다. 일선 학교에서 쉽게 접할 수 있는 중소형 적도의식 가대와 가볍고 튼튼한 FRP 소재의 돔을 직접 디자인하여 개발하였고, 이 가대위에 수차가 적고 상이 깨끗한 4인치 굴절 망원경을 탑재하여 천체 관측에 활용하였다. 구축 후 예비 관측을 실시해본 결과, 원하는 대상 천체를 찾아주는 지향 정밀도는 약 5'이었고, 추적 정밀도는 약 5분 정도로 비교적 안정적이었다. 이것은 현재 초중고 교육과정에서 다루어지는 태양, 달, 행성 등 밝은 천체의 원격관측이 가능한 수준이다. 이러한 원격천체관측소를 이용할 경우 관측 시설 및 장비가 턱없이 부족한 일선 학교에서 시간과 예산을 절약할 수 있을 뿐 아니라 양질의 관측 데이터도 얻어 낼 수 있어서 교수 학습 활동에 매우 유익할 것으로 판단된다. 향후에는 본 원격관측 시스템을 보다 안정적이고 정교하게 보완해 나가면서 성운, 외부은하 등 희미한 천체의 원격관측도 쉽게 가능하게 할 수 있도록 구축해나가고자 한다.

참고로 본 연구에서 개발한 원격천문대 시스템 개발에 들어

간 총비용은 약 1700만원 정도였다.

## 감사의 글

이 논문은 2012년 공주대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었습니다.

## Abstract

In this study, we developed a down-size remote astronomical observatory controlled by an internet. 2 meter astro dome in diameter was designed as a self-opening structure along the central line. We invented a Germanic-style Equatorial mount with a parking function. Inside a barrel, FS102 refracting telescope was installed. We attached a camera to the eyepiece, which made it possible to record astro-photographs by controlling the telescope using a remote computer. This system has about 5' pointing and 5 minutes tracking accuracy, respectively. Experimental observation results focusing on bright objects (Sun, Moon, and Jupiter) showed that it has a good performance as an educational material.

**Key words :** remote astronomical observatory, remote observation, remote astronomical telescope

## 참고문헌

- 권경상 (2007) 고등학교 과학교사들의 10학년 '과학'에 대한 인식 조사. 한국교원대 교육대학원 석사학위논문.
- 교육과학기술부 (2009) 과학과교육과정. 고시 제 2011-361호 (별책 9).
- 김성기 (2005) 중학교 특기·적성 교육에 있어 천체프로그램의 효율적인 운영 방안. 공주대 교육정보대학원 석사학위논문.
- 김희수, 김철영, 정정인, 김종현, 김혁, 장비호 (2003) 공주대학교 천문대 16인치 반사망원경의 원격 제어 시스템 구축. 한국지구과학회지 24(5): 456.
- 김희수, 양종우, 김혁, 한인우, 강남화 (2007) 인터넷 활용 천체 관측 교육을 위한 36cm 망원경의 자동화 시스템 개발. 한국지구과학회지 28(4): 431-444.
- 김혁 (1999) 한국교원대학교 청람 천문대 16인치 망원경의 관측시스템 개선. 교원대학교 석사학위논문.
- 한인우, 남옥원 (1998) 중소형 망원경 제어 시스템 MS-TCS 개

발. 천문학 논총 13(1): 85-98.

Budding E (1995) A Global Network of Small Automated Telescopes, Astrophysics and Space Science 228: 299-307.

Philip M, Roy R, Steven L, Paul R, Robert K, Freeman S, Beth H, Mary D, Adam C, Kenneth B and Linda F (2001) Microobservatory net: A network of automated remote telescope dedicated to educational use. Journal of Science Education and Technology 10(1): 39-54.

Svoren J, Husarik M, Ambroz J, Drbohlav J, Medek J (2009) New semi-automated photometric telescope at the sklal-

nate pleso observatory. Earth Moon Planet 105: 361-365.

미국 아이오와대학 원격관측소(<http://phobos.physics.uiowa.edu/>)

미국 하버드대학 원격관측소(<http://cfa-www.harvard.edu/~globakos/HAT/intro.html#mount>)

미국 테네시대학 원격관측소(<http://schwab.tsuniv.edu/appt.html>)

한국천문연구원 미국 아리조나주 레몬산 천문대(<http://lemmon.kasi.re.kr/>)

호주 뉴사우스웨일즈 대학 원격관측소(<http://www.phys.unsw.edu.au/~mcha/appt.html>)