

보현산천문대 1.8 m 망원경 제어시스템 현황 및 개선방안 THE STATUS AND IMPROVEMENT PLAN OF 1.8 m TELESCOPE CONTROL SYSTEM AT BOAO

성현일, 박윤호, 이상민, 이병철, 성현철, 오형일

한국천문연구원

HYUN-IL SUNG, YOON-HO PARK, SANG-MIN LEE, BYEONG-CHEOL LEE,

HYEON-CHEOL SEONG, AND HYUNG-IL OH

Korea Astronomy and Space Science Institute

E-mail: hisung@kasi.re.kr

(Received March 14, 2012; Accepted July 16, 2012)

ABSTRACT

We analyzed the current status of the telescope control system (TCS2) of the 1.8 m telescope in Bohyunsan Optical Astronomy Observatory (BOAO), and suggest a new TCS (TCS3) for the long term development of BOAO. The TCS2 was constructed in 1998 to replace the TCS1 which was installed with the telescope itself at the commencement of BOAO. One of the important parts of TCS is PMAC (Programmable Multi-Axis Controller), which is a general-purpose multi-axis motion controller. PMAC provides the direct interactive communication environment permitting users to command the controller directly with simple operations. This makes the setup, debugging, and diagnostics very easy. The TCS2 was operated stable for a long time, but the hardware and TCS computers have been deteriorated and are out of date now. The new TCS3 needs to be constructed based on a modern computer system. And functions such as pre-calculations of telescope limiting position, interworking with virtual observatory tools, and using GUI, etc should be added. Construction of the TCS3 will be a step creating a better observation environment for the Korean astronomical society.

Key words: telescopes; techniques: miscellaneous; instrumentation: miscellaneous

1. 서론

소백산천문대의 24인치 망원경은 한국 최초의 연구용 망원경이었으며, 1997년 1월 공개관측을 시작한 보현산천문대 1.8 m 망원경은 한국 천문학계의 본격적인 분광관측시대를 연 망원경이었다. 1.8 m 망원경의 초기 관측기기는 측광 전용 CCD 카메라뿐이었으나 이후 자체 개발한 고분산분광기는 한국적 기후에 적합한 관측장비로 자리매김을 하였고, 적외선카메라는 새로운 파장대를 개척하며 연구의 범위를 넓혀주고 있다(Kim et al., 2007; Kim et al., 2002; Moon et al., 2008). 1.8 m 망원경을 이용한 관측은 다양한 연구분야에서 이루어지고 있으며, 관측자료들은 archive화 되어 그 활용도를 높이고 있다(성현일 등, 2004; 성현일 등, 2003).

보현산천문대 건설과 함께 구축한 관측시스템은 오랫동안 안정적으로 운영 되었지만 시간이 지나면서 하드웨어 장비들이 점점 노후화 되고 이들의 지속적인 유지관리가

어려워지기 시작하였다. 따라서 노후화된 장비의 개선과 이 장비들을 제어하는 프로그램의 개발도 필요하게 되었다.

망원경과 관측기기의 노후화뿐만 아니라 관측장비를 제어하는 컴퓨터 시스템의 노후화도 심각한 문제점으로 부각된다. 컴퓨터 시스템은 H/W와 S/W로 구성되어 함께 작동됨으로써 H/W의 교체는 S/W의 교체 즉, S/W의 개발과 연결되어져야 한다. 따라서, 컴퓨터 H/W의 급격한 발전에 발맞춘 관련 S/W의 업그레이드와 신규개발은 필수적으로 연동되어져야 하는 작업이다. 전세계적으로, 기존 Telescope Control System(TCS)의 업그레이드(Abbott et al., 2008; Allison, 2009) 또는 새로운 형태의 TCS가 도입되는(Bonev & Dimitrov, 2010; Nielsen & Hovey, 2010) 요즘, 보현산천문대의 TCS 개발도 당면한 과제가 되었다.

본 연구에서는 1.8 m 망원경의 컴퓨터 시스템 중 망원경을 직접 제어하는 TCS의 현재 상황을 분석하고 앞으로의 개발방향에 대해 논의하고자 한다. 2장에서는 보현산천문

표 1. 1.8 m 망원경 규격

	규격
구경	1.8 m
광학계	Ritchey-Chretien 형 카세그레인 초점
마운트	경위도식 (Alt-Azimuth Type)
건관척도	14.2"/mm
초점비	f/8

대의 관측현황을 살펴보고, 3장에서는 보현산천문대 TCS의 현재 상태를 자세히 살펴보고, 4장에서는 TCS3의 개발 방향에 대해 제한한 뒤, 5장에서 결론을 논하려고 한다.

2. 보현산천문대 관측환경

보현산천문대는 1985년에 기획하여 1992년에 도로공사를 시작하면서 본격적인 건설에 들어갔다. 1996년에 시험관측을 거쳐 1997년에 공개 관측을 하면서 오늘에 이르고 있다.

2.1. 1.8 m 망원경

1.8 m 망원경은 경위도식 마운트의 카세그레인 초점을 갖고 있으며, 자동추적장치를 만들어 장기노출이 가능하다(표 1). 돛은 망원경과 연동하여 움직이며, 돛 슬릿에 방풍막을 설치하여 바람에 의한 망원경의 떨림 현상을 막고 있다.

2.2. 관측기기

보현산천문대 1.8 m 망원경에 부착하여 사용하는 관측기기는 현재 3가지 ‘BOES’, ‘KASINICS’, 그리고 ‘4K CCD’가 있다.

2.2.1. BOES

고분산에셀분광기(BOAO Echelle Spectrograph, BOES)와 긴슬릿분광기(Long Slit Spectrograph, LSS)는 1996년에 개발을 시작하여 2003년에 제작 완료 하였다(Kim et al., 2007; Kim et al., 2002). BOES는 Cassegrain Interface Module(CIM), a light-transmitting fiber set, spectrometer 등 3개의 중요한 파트로 나뉘어져 있다. BOES의 고분산 분광부와 CIM의 광학계 기본설계를 제외한 기계부, 제어부와 구동프로그램 그리고 광섬유 부분의 설계 및 제작은 국내 기술로 완성하였기에 기기유지, 보수 및 추후 개선작업도 용이해졌다. 현재 BOES 사용률은 1.8 m 망원경 전체 관측의 70% 정도로 가장 중요한 관측기기로 이용되고 있다.

2.2.2. KASINICS

근적외선카메라 시스템(KASI Near Infrared Camera System, KASINICS)은 2004년에 개발을 시작하여 2006년에 시스템 제작을 완료하였으며, 2년여의 시험관측을 거쳐 연구에 본격적으로 활용하고 있다. 512 × 512 픽셀의 칩을 사용하며, 1.8 m 망원경에 부착했을때 시야각은 3.3' × 3.3' 이다. 냉각은 액체헬륨을 이용한 mechanical cooler를 이용하며, 센서부는 30 K, 내부의 cold box는 약 80 K로 냉각된다. 사용필터는 J, H, Ks, L, H2, H3+ 등이 있다.

2.2.3. 4K CCD

2K CCD를 대체하여 사용중인 4K CCD는 2009년에 제품을 수령하여 2010년 8월까지 시험관측 및 구동시험을 완료하고 2010년 하반기부터 관측연구에 이용하고 있다. 필터휠과 하우징은 국내에서 제작하였으며 어댑터를 제작하여 CIM에 부착해서 분광관측에 이용하기도 한다.

3. 보현산천문대 TCS

TCS는 망원경과 관련된 각종 하드웨어를 제어하는 시스템으로 컴퓨터와 제반장치를 통칭하며, 다양한 모듈과 응용 프로그램으로 구성되어 있다. 즉, TCS는 망원경을 조작하는 사람과 망원경 사이의 소통을 가능하게 해주는 시스템이다. TCS의 가장 기본적인 기능은 망원경의 여러축을 제어하는 것으로 이를 위해 다축제어기를 이용한다. 다축제어기는 망원경의 2축 또는 3축을 동시에 제어함으로써 망원경이 빠르고 정확하게 목표지점을 향할 수 있도록 해준다. 또한 추적오차를 최소화 할 수 있도록 각 축을 정밀하게 제어한다. 한편, TCS는 부경의 제어, 돛의 제어 기능을 갖기도 한다.

보현산천문대 1.8 m 망원경의 TCS1은 망원경과 함께 들어온 시스템으로, 실험용 기판을 사용하여 제작한 전자부는 온도와 습도에 취약했다. TCS1의 사용으로 관측시스템은 많은 오작동이 발생했고, 이런 불안정을 개선하기 위해 TCS2를 개발하였다. 보현산천문대에서는 다축제어기의 하나인 PMAC(Programmable Multi-Axis Controller)을 이용하여 TCS2를 구축하였다. TCS2는 약 1년 동안의 작업 과정을 거쳐 1998년에 완성되었으며 현재까지 사용하고 있다(천무영 & 김승리, 1999).

3.1. TCS2의 H/W구성

TCS2의 H/W는 컴퓨터와 I/O BOX로 구성된 제어부와 망원경의 고도축, 방위각축, 뒤돌림축으로 구성된 3축 모터부로 이루어져 있다(그림 1).

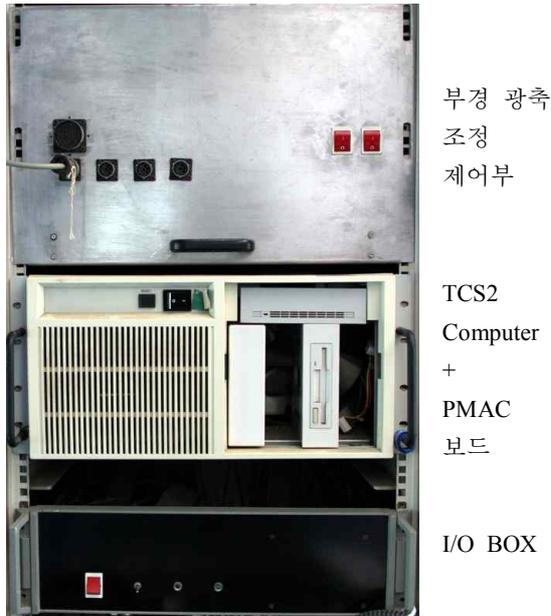


그림 1. TCS2 H/W 제어부.

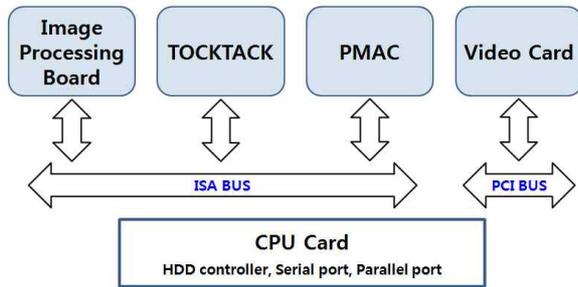


그림 2. TCS2 컴퓨터의 구성.

3.2. 1.8 m 망원경 서보 제어시스템

PMAC은 다축 제어 전용 기기로서, Gemini 등 외국의 망원경에서도 많이 사용하고 있다. 다양한 악세서리들이 제공되어 기존의 망원경 뼈대에 해당되는 부분인 모터, 앰프, 엔코더 등을 변경하지 않고, 바로 설치할 수 있는 장점을 가지고 있다.

I/O BOX는 망원경 모터의 정보를 제어보드가 인식할 수 있도록 변환하여 주는 역할을 수행하며, PMAC 보드와 망원경의 전자부 사이에 연결되어 있다.

TCS2 컴퓨터는 망원경의 제어기와 교신하고 관측자 인터페이스를 담당하는 역할을 한다. 운영체제는 MS-DOS를 사용했으며, 기존 TCS1의 보드들을 사용하기 위해 ISA 버스와 빠른 속도의 영상처리 및 네트워크 가능한 PCI 버스가 있는 산업용 컴퓨터를 사용하였

표 2. TCS2 컴퓨터의 기능

기능	역할
PMAC 제어	양방향 램을 통해 PMAC과 교신하며, 필요한 명령을 정확한 시간에 던져 주고 그 상태와 위치 등을 읽음
영상처리	자동추적기(AGU)의 ICCD영상을 처리하여 망원경 위치 보정에 필요한 정보를 추출
위치보정 (AGU)	영상처리보드에서 추출된 정보를 이용하여 망원경의 위치를 보정
관측자 인터페이스	관측자의 명령 또는 키보드 입력을 받아 처리
외부시각과 동기	똑딱보드를 이용해 외부 시보와 동기하고 정확한 시간을 유지
TCP/IP	네트워크를 통해 명령을 받고 요청하는 자료를 보내줌
천문 계산	위치천문학 관련 계산을 수행

다. 그림 2는 컴퓨터의 구성을 보여주고 있으며 TCS2 컴퓨터가 하는 일은 표 2와 같다.

3.3. 1.8 m 망원경 3축 제어 모터 시스템

망원경의 3축 중 고도축과 방위각축은 동일한 모터와 앰프, 엔코더를 사용하고 있다(그림 3, 그림 4). 앰프는 PMAC으로부터 주어지는 ± 10 V 내의 입력 전압에 비례하는 전류를 모터로 전달하는 전류제어 앰프이다. 모터는 DC Torque Motor로 최대 70 A까지 전달할 수 있다. 엔코더는 RON905 Incremental Rotary Encoder로써 망원경 축에 직접 설치되어 있으며, 감속기가 없기 때문에 오차 없이 현재 위치를 바로 읽을 수 있다. 엔코더의 출력은 EXE660 100fold interpolation board를 통해 TTL 신호로 바뀌어 PMAC 보드로 들어오게 된다.

되돌림축은 3상 서보앰프를 사용하고 있으며, 모터는 Brushless AC servo Motor를 사용하고 있다. 이 축에는 별도의 엔코더가 없어 모터에 붙어 있는 리졸버를 앰프가 받아 Simulated Encoder 출력을 PMAC으로 전해준다. 3상 서보앰프는 ± 10 V 범위 내의 PMAC 입력에 비례하는 속도가 되도록 모터를 제어한다. 따라서 이 축의 위치 정보는 기어 감속 등에서 오차가 발생할 수 있다. 그러나 고도/방위각 축에 비해 요구되는 정밀도가 1/10정도로 낮을 뿐만 아니라 고도/방위각축에 비해 훨씬 쉽게 제어가 되기 때문에 실제 관측에서는 문제가 되지 않는다.

각 앰프는 자신의 상태를 나타내는 신호를 PMAC으로 전해 주고 있으며 ± 10 V 범위의 입력 이외에 동작

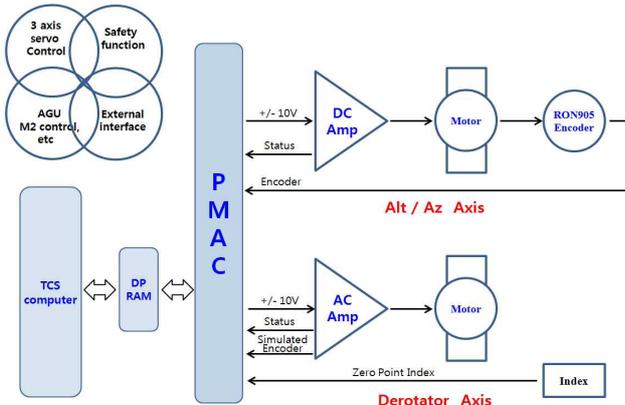


그림 3. 3축 제어 모터부의 구성.

AGU/부경 제어 전자부 3축 모터 전자부



그림 4. 3축 제어 모터의 전자부.

가능(AMP Enable), 한계 스위치 등의 입력을 받고 있다. 망원경의 위치를 정확히 알기 위해서는 정확한 초기점이 필요하다. 고도/방위각축의 경우 엔코더에서 초기점(1회전에 한 번) 신호를 내어 준다. 되돌림축은 별도의 센서를 부착하여 이 센서가 감지되는 곳을 초기점으로 잡는다. 감지되는 범위가 있으므로 매번 반시계방향으로 되돌림축을 회전시키면서 처음 감지되는 곳을 초기점으로 결정한다.

4. 보현산천문대 TCS3 개발

오래전에 건설된 세계 곳곳의 연구용 망원경들은 장기간 사용에 따른 관측시스템 전체의 노후화 문제가 발생하고 있다. TCS를 포함한 관측시스템의 원활한 구동을 위해 지속적인 유지/보수를 하게 되는데, 특히 H/W의 급속한 발전 때문에 여러 천문대에서 TCS의 업그레이드 작업이 이루어지고 있다.

보현산천문대 TCS2의 가장 큰 문제점도 제어 S/W

표 3. PMAC의 종류와 사용 IC

종류		사용 IC
일반 PMAC	PMAC 1	Servo IC 1
	PMAC 2	Servo IC 2
Turbo PMAC	Turbo PMAC 1	Servo IC 1
	Turbo PMAC 2	Servo IC 2
Power PMAC		Servo IC 3

가 최신의 H/W에서는 작동을 하지 않는다는 점이다. 현재 사용중인 TCS2의 H/W 장비는 1998년에 설치한 것으로 노후화 되어 교체가 필요하며, H/W 교체시 S/W의 개발이 뒤따라야 한다. TCS2의 S/W는 DOS 환경에서 작동을 하는데, 근래에는 리눅스 기반의 TCS 개발이 많이 이루어지고 있다(Hu et al., 2008). 이와 같이 최신의 컴퓨터 사용환경을 고려한 TCS3의 개발이 요구된다.

TCS3의 구축시 고려해야 할 사항으로는 우선 H/W와 S/W의 선정이 있다. 향후 컴퓨터 기술의 발전을 염두에 두고 호환성이 높으면서 범용인 장비를 선택하는 것이 바람직하고 이에 맞는 S/W 기반을 갖추는 것이 좋다. 이와 함께, 적용할 PMAC의 종류를 선정하여야 하고, Amp 등 주변장비들의 교체 여부도 결정하여야 한다.

4.1. PMAC

TCS의 가장 주요 부분은 PMAC이며, PMAC은 상용화 초기부터 현재까지 다양한 망원경의 TCS 개발에 사용되어져 왔다(Chao et al., 2010; Glaspey et al., 1998; Ho et al., 1998). 미국 Delta Tau사에서 개발한 PMAC은 범용 다축제어기로 독립된 하나의 컴퓨터에 해당한다. PMAC은 고유의 언어를 가지고 있으며, dual port RAM 등을 이용하여 PC와 실시간 교신할 수 있고, 많은 종류의 액세서리들이 있어 대부분의 제어 관련 기기(엔코더, 앰프, 드라이버)를 바로 연결할 수 있고 다양한 입출력이 가능하다. 최대 장점은 서보모터, 앰프, 센서 등의 기기를 목적에 맞춰 자유롭게 선택할 수 있다는 점이다. 표준설정으로 최대 32축까지 제어가 가능하다. PMAC의 종류에는 PMAC 1, PMAC 2, Turbo PMAC, Power PMAC 등이 있으며 각각을 구별하는 기준이 되는 특징은 표 3과 같다.

Servo IC는 PMAC보드에서 외부와 인터페이스 할 때(외부 모터에 명령을 주고 또 피드백 할 때) 엔코더 위치, 명령 값에 의한 DAC출력, 신호입력 등 각종 input(리미트, 원점 등) 값/신호들을 처리할 수 있는 IC이다. 최고 4개의 모터를 인터페이스 할 수 있도록 설계되어 있으며 즉, 4개 모터의 피드백과 명령 출력 등을 감당할 수 있으며, 기본적으로

표 4. 일반 PMAC과 Turbo-PMAC의 특징

	일반 PMAC	Turbo-PMAC
특징	8축 동기 제어 고속 Lookahead 기능 2축용 Mini-PMAC 4축용 PMAC_Lite 8축용 PMAC-PC Reverse & Retrace 기능	최대 32축 동기제어 고속 Lookahead 기능 Reverse & Retrace 기능 모션 실행중 목표점 변경기능 통신포트 동시 사용 PLC의 Ladder 표시 기능 160Khz Servo Update

4개의 모터가 하드웨어적으로 묶여 있다.

Servo IC 1 타입은 DAC 출력만 가능한 반면, Servo IC 2 타입은 DAC 이외에도 PWM, PFM 출력이 가능해서 Digital Servo Driver나 스텝퍼 등에 바로 연결해서 사용할 수 있다. 일반 PMAC과 Turbo-PMAC의 차이점은 표 4와 같다.

4.2. TCS와 OCS

TCS3 구축시 현재의 TCS2를 업그레이드 하는 방향으로 개발을 할 것인지, 기능을 확장한 OCS(Observatory Control System)을 구축할 것인지를 결정하여야 한다. OCS는 기기와 시스템 관리를 연동하는 것으로, 관측준비와 시스템 제어 그리고 관측자료 아카이빙을 함께 제어할 수 있는 시스템이다(그림 5).

OCS는 3가지 기능의 시스템이 상호작용을 하는 것으로 그 각각은 다음과 같다:

- (1) 사용자 인터페이스 시스템(User Interface System)
- (2) 실험관리 시스템(Experiment Management System)
- (3) 자원관리 시스템(Resource Management System).

OCS의 사용자 인터페이스 시스템은 각종 모니터링 및 시설과 장비의 제어가 가능한 인터페이스를 제공하게 된다. 사용자 인터페이스 시스템은 오퍼레이터와 기기 관리자가 모든 기기에 대해 실행과 중지, 재시작, 취소와 같은 명령을 내릴 수 있도록 한다. 또한 관측 중 관측자료의 품질을 향상시키기 위해 관측조건 변화가 필요한 경우에는 변경된 사항을 전달하게 된다. 모니터링 시스템을 통해서 관측 중 발생하는 모든 문제점에 대한 보고가 가능하며, 이러한 문제에 적절하게 대응할 수 있는 도구도 제공한다.

실험관리 시스템은 연구목적에 적합한 관측자료를 수집할 수 있도록 보조하는 다양한 기능을 수행한다. 관측 자체와 관측자료의 획득 및 자료의 아카이빙 과정을 제어하고 그 과정이 원활하게 이루어지도록 하는 역할을 한다. OCS는 관측을 수행하고 자료를 얻는 과정에서 TCS를 통한 망원경의 이동과 추적뿐만 아니라 여러개의 주변기기를 동시에 제어할 수 있는 기능도 포함한다.

Observatory Control System

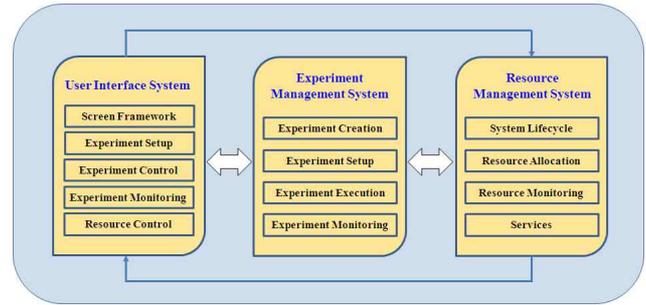


그림 5. Observatory Control System.

자원관리 시스템은 각종 자원의 모니터링과 할당이 가능한 서비스를 오퍼레이터와 관리자에게 제공한다. 따라서 관측자와 오퍼레이터는 OCS를 통해 관측일정에 맞게 관측시스템을 새롭게 구성할 수 있다.

4.3. TCS3 구축

TCS2를 사용하면서 발견되었던 문제점과 추가 개선점은 다음과 같고, 이를 TCS3 개발시 반영하고자 한다.

4.3.1. 더 많은 정보 표시

지방향성시를 알아낼 수 있는 어플리케이션은 다양하게 존재하지만, 가장 기본이 되는 정보 중의 하나이므로 TCS 상에 표시하는 것이 좋다. 1.8 m 망원경은 경위대식의 망원경으로 사용되는 축은 고도/방위각/되돌림축 총 3개이며 각각의 한계위치(리미트)가 존재한다. 북쪽으로 회전하는 관측대상의 경우 되돌림축이 반드시 한계위치에 걸리게 되어 있어 관측시 주의를 요하는데, 장기 노출의 경우 이를 미리 가늠하여 되돌림축이 걸리지 않게 회전시킬 필요가 있다. 이때, 현재의 대상이 한계위치에 이를 때까지 남은 시간이 표시된다면 관측을 보다 효율적으로 할 수 있다. 현재의 관측대상과 관측 목록 상의 대상들의 위치정보와 Airmass 그래프 등을 표시하는 기능 또한 관측에 도움이 된다.

TCS2 시스템은 텍스트로 된 정보만 화면에 나타내는 방식으로, 현재는 시야가 굉장히 좁은 BOES와 빈하늘 촬영이 필수적인 KASINICS 등이 주관측 기기이므로 GUI 기반의 기능 예를 들면, 망원경이 향하는 하늘 근처의 모습을 나타내어 주는 등의 기능이 있다면 관측대상 확인과 주변 빈하늘 위치 확인 등에 도움이 된다. DSS 영상이나 2MASS 영상 등을 함께 나타내어 가상천문대의 툴처럼 특정 천체 사이의 거리를 측정하여 망원경 읍셋 값으로 가져 오고, 은하의 회전 각도를 계산하여 되돌림축 각도를 적용하는 등의 기능이 TCS 상에

서 구현되면 편리하다.

4.3.2. 기능의 추가와 개선

TCS2 시스템은 관측목록 파일을 만들어 이것으로 망원경을 이동시킬 수 있을 뿐만 아니라 메시에, NGC, HR 등의 목록을 기본으로 가지고 있다. 분광관측의 비율이 늘어나면서 HD 목록을 쓰는 경우가 많은데, 파일의 최대인식 개수가 9,999개 밖에 되지 않아 HD 목록을 여러개로 나누어서 사용해야하는 문제가 발생한다. 또한 분광관측에서 초점을 맞출 때 사용하는 9등급 이하의 어두운 별은 TCS의 주변별 보기에선 찾을 수 없다. 이러한 관측목록의 개수 제한이 없어진다면 보다 빠르게 대상 이동과 초점 맞추기를 할 수 있게 된다. 그리고 관측대상의 이름을 입력하면 simbad 등에서 자동으로 좌표를 가져와 목록을 생성해주는 기능이 있다면 편리할 것이다.

혜성과 소행성 같은 이동 천체의 경우 일정 시간 간격으로 적경/적위 좌표를 입력하면 TCS2에서 계산, 망원경의 위치값을 목록 파일로 저장하고 이를 불러 망원경을 이동하게 되어 있다. 이때 좌표를 수동으로 하나씩 입력하여야 하는 불편함이 있는데, 이의 개선을 위해 파일로 목록을 생성하는 기능이 필요하다.

BOES를 이용한 관측의 경우, 별이 광섬유 중심에 위치하도록 중심을 계속 맞추는 작업을 해야 한다. 망원경은 한 방향으로 흘러가게 되므로 이런 일련의 미세 조절 입력값을 함수화 하여 망원경 자체의 마운트 모델에 읍셋으로 적용해 줄 수 있다면 보다 수월하게 관측대상을 광섬유의 중심에 넣을 수 있게 된다.

KASINICS 관측시에는 디더링(dithering)이 요구되는데 TCS2가 이를 제대로 만족시켜주지 못하여 시간이 지날수록 위치가 조금씩 바뀐다. 또 가시광 관측과 달리 필터별 초점 위치가 달라 필터가 바뀔 때 마다 초점 조절이 필요한데 이것이 자동화 되어 있지 않아 수동으로 초점값을 변경하여야 한다. 대체로 노출이 짧은 적외선 관측에서 수초 내지 수분 간격으로 초점을 조절하여야 하므로 관측효율이 떨어지게 되므로 필터 변경시 초점이동의 자동화가 필요하다.

관측대상이 많은 관측의 경우, 보다 효율적인 관측을 위하여 관측순서를 스케줄링 하는 기능이 존재하면 좋을 것이다. 또한, 망원경의 움직임과 시간별 망원경 위치를 기록하는 log 파일이 작성된다면 움직임 분석이나 에러디버깅 등에 도움이 될 수 있다.

4.3.3. TCS3 시스템

1.8 m 망원경 제어를 위한 TCS3 시스템에서 가장 중요한 것은 안정성이다. TCS2는 DOS 기반 시스템으로 멀티태스킹을 지원하지 않아 필요한 여러가지 기능을 넣

기엔 한계가 있지만 반면에 멀티태스킹이 아니기 때문에 보다 안정적이기도 하다. 관측기기에 따라 필요로 하는 기능들이 추가될 수도 있으므로, TCS3는 향후 새로운 관측기기의 개발에 따른 기능 추가 및 업그레이드가 가능해야 한다. 즉, 모듈화나 플러그인 기능 등을 통해 C와 Perl, Python등의 작은 프로그램을 쉽게 추가할 수 있는 유연함이 필요하다.

5. 결론

보현산천문대는 1997년 공개관측을 시작하면서 망원경 도입시 함께 들어온 TCS1을 사용했지만, 곧 이를 대체하는 TCS2를 개발하여 1998년부터 현재까지 사용하고 있다. 컴퓨터의 H/W는 급속하게 발전하여 1998년에 구축된 TCS2의 컴퓨터는 이제 더 이상 유지가 어려운 상황에 이르렀기에 새로운 환경에 맞는 TCS3를 개발할 필요가 있다.

TCS2의 가장 주요부분 중 하나는 독립된 컴퓨터와 같은 역할을 하는 범용 다축제어기인 PMAC 이다. TCS2의 개발에 이 PMAC을 활용하였고, 다양한 입출력 기능을 이용하여 망원경을 구동하는 각 축을 제어할 수 있게 되었다. TCS2의 H/W는 컴퓨터와 I/O BOX로 구성된 제어부와 망원경의 고도축, 방위각축, 되돌림축으로 구성된 3축 모터부로 이루어져 있으며, TCS2의 S/W는 MS-DOS 기반으로 텍스트 모드에서 작동하도록 제작되어 있다. 제어프로그램은 망원경 초기화와 망원경 움직임, 관측대상 좌표 불러오기/입력하기, 각종 유틸리티 등의 기능을 갖고 있다.

TCS2를 사용하면서 요구되었던 기능의 추가-개선항목으로는 망원경 이동시 한계위치의 계산과 망원경 지향 하늘의 디스플레이, 관측목록의 인식개수 확대, simbad 등 가상천문대와와의 연동기능 등을 들 수 있다. 또한 각각의 관측기기들이 요구하는 특정한 기능들 즉 BOES 관측시 광섬유 중심에 별 위치시키기, KASINICS 관측시 디더링과 자동 초점변환 기능 등도 TCS3 개발시 반영 되어야할 것들이다.

TCS2는 그동안 안정적으로 구동되었으나, 새로운 컴퓨터 환경에 맞는 TCS3의 구축은 당면한 과제가 되었다. TCS3 구축을 위해 TCS2의 분석과 현재 사용 가능한 PMAC 보드에 대한 사전 조사, 관측자와 운영자의 요구사항 반영이 먼저 이루어져야 한다.

TCS3 개발을 통한 1.8 m 망원경의 원활한 이용뿐만 아니라 한국 관측천문학 분야의 지속적인 성장을 위해, 접근성과 관측시간 확보가 상대적으로 용이한 보현산천문대의 활용도를 높이는게 바람직하고, 이를 위해서 국내 망원경과 관측기기의 장기발전계획 수립도 필요한 시점이 되었다.

참고 문헌

- 성현일, 김상철, 임인성, 김봉규, 안영숙, 남현웅, 손상모, 양홍진, 2004, MySQL과 JSP를 기반으로 한 관측 자료의 데이터베이스화, 천문학논총, 19, 109
- 성현일, 김상철, 남현웅, 김봉규, 임인성, 윤요나, 2003, 보현산천문대 관측자료 Archive 시스템 설계 및 구축, 천문학논총, 18, 43
- 천무영, 김승리, 1999, 기술보고서 No. 99-005-033, 한국천문연구원
- Abbott, T. M. C., Catarutti, R., Mondaca, E., et al., 2008, Cerro Tololo Inter-American Observatory, Victor M. Blanco 4-m Telescope: an Upgrade to the Telescope Control System, SPIE, 7012, 123
- Allison, C., 2009, Telescope Control System Upgrade, Bull. American Phys. Soc., 54, 1007
- Bonev, T. & Dimitrov, D., 2010, The New Control System of the 2-meter Telescope of the Rozhen National Astronomical Observatory: Status in November 2009, BlgAJ, 13, 153
- Chao, L., Wu, Z., Wang, J., et al., 2010, The Fulfillment of Two-level Control in Experimental Optical Delay Line of Michelson Stellar Interferometer, SPIE, 7734, 142
- Glaspey, J. W., Adams, M. T., Booth, J. A., et al., 1998, Hobby-Eberly Telescope: Commissioning Experience and Observing Plans, SPIE, 3349, 50
- Ho, K., Stomski, P. J., Sirota, M. J., et al., 1998, Servo Control of the Movable Stages Using PMAC Controllers for the W.M. Keck Telescope Adaptive Optics System, SPIE, 3351, 320
- Hu, Y., Aili, Y., & Zhao, R., 2008, The Design and Realization of Radio Telescope Control Software in Linux Operating System, PNAOC, 5, 199
- Kim, K.-M., Han, I., & Valyavin, G. G., 2007, The BOES Spectropolarimeter for Zeeman Measurements of Stellar Magnetic Fields, PASP, 119, 1052
- Kim, K.-M., Jang, B.-H., Han, I., et al., 2002, Design and Manufacturing of the Cassegrain Interface Module of the BOAO Echelle Spectrograph, JKAS, 35, 221
- Moon, B., Jin, H., Yuk, I.-S., et al., 2008, KASINICS: Near Infrared Camera System for the BOAO 1.8 m Telescope, PASJ, 60, 849
- Nielsen, J. & Hovey, G., 2010, MSOTCS: A New Telescope Control System for the Australian National University's 2.3 m Telescope at Siding Spring, ASPC, 434, 345

부록. TCS2의 제어프로그램

표 A-1. TCS2 구동 프로그램의 메뉴 및 기능

주메뉴	부메뉴	기능
File (파일)	Help	망원경 구동 프로그램에 대한 도움말
	Exit	망원경 구동 프로그램 종료. 그래픽 모드를 마치고 DOS 상태로 바뀜
Init (초기화)	Set Clock	화면에 'TIMEset'이란 오류 메시지가 나타나거나, PC의 시간이 GPS의 시간과 정확히 일치하지 않을 때 이 기능을 수행함. 네트워크 연결과 GPS의 PPS 신호입력이 정상적일 경우는 망원경 구동 PC의 시간을 자동으로 맞춤
	PMAC Reset	화면에 'PMACset'이란 오류 메시지가 나타날 때 이 기능을 수행함. 구동 PC의 슬롯에 꽂혀 있는 PMAC에 초기화 명령(INIT)을 보내고 응답을 기다림. 망원경 구동 PC의 전원을 껐다가 켜는 경우, 시간 초기화 후에 반드시 해야 함
	Tracking	화면에 'ALT_idx', 'AZI_idx', 'DER_idx'라는 오류 메시지가 보이면 이 기능을 수행함. 이 기능을 선택하면 망원경은 입력한 값의 방향으로 움직이다가 초기점을 만나는 경우 서서히 감속하다가 반대 방향으로 약간 움직인 후에 정지하며 성공했다는 메시지가 나타남
Tel (망원경)	Tracking	관측을 위해 망원경 추적 기능을 수행함
	Pointing	망원경을 임의의 위치(New pointing)나 보관 위치(Garage)로 움직이기 위하여 이 기능을 수행함
	Tel. Status	망원경과 주요 4축(ALT, AZI, DER, FOC)의 상태를 보여줌
	Tel. Enable	PMAC에게 망원경 동작 가능(ENABLE) 명령어를 보내며, 망원경 애플스가 enable되고 브레이크가 풀리게 됨
	Tel. Stop	PMAC에게 망원경 정지(STOP) 명령어를 보내며, 브레이크가 잡히고 망원경 애플스가 disable 됨
Prepare (준비)	Fixed star cat.	관측대상의 좌표를 파일로 만드는 기능
	Nearby star cat.	망원경의 현 위치에서 근처 별의 목록을 가까이 있는 순서대로 만드는 기능
	Move object cat.	혜성이나 인공위성 등 움직이는 물체의 좌표 파일을 만들어주는 기능
	Skyscan data	망원경의 마운트 모형을 잡기 위해 별 목록 파일을 만드는 기능
	Solar System	태양계 천체의 좌표를 계산하여 목록 파일을 만드는 기능
Util (유틸리티)	PMAC poll	PMAC이 가진 변수의 값을 읽거나 바꿀 때, 또는 PMAC의 PLC 프로그램을 다시 가동시키는 등의 기능을 수행
	Hand Paddle	수동 조작기(Hand paddle)로 망원경을 움직일때 사용하는 기능
	Photograph	천체사진기의 셔터를 조작하기 위한 기능
	Cal. Mount	망원경의 마운트 모형을 계산하여 마운트 모형 자료 파일을 만드는 기능

TCS2 구동 프로그램의 각 메뉴 기능은 표 A-1에 정리하였다.

망원경 추적 기능을 선택하면 그림 A-1과 같이 화면 아래쪽에 관측대상 및 추적 관련 변수설정 화면이 나타난다. 먼저 추적 관련 변수들을 설정한 후 관측대상을 선택한다. 각 메뉴의 기능은 표 A-2와 같다.

추적 관련 변수를 설정한 후에 관측대상을 선택하면 추적화면이 아래쪽에 나타나며, 현재 설정된 오프셋 값, 되돌림축 상태, 관측일의 시간 보정값, 외부 온도와 대기 압력 값을 화면에 보여준다(그림 A-2). 또한 총 추적 시간과 현재시각이 표시되고, 현재 추적하고 있는 대상의 이름, 망원경의 추적속도를 보여준다. 그 아래에는 추적 프로그램이 PMAC에게 보낸 망원경 위치와 실제 망원경의 위치를 뺀 추적 오차가 나타나는데, 실제 관측시 망원경 추적 상태를 나타내는 가장 중요한 값이기

때문에 파란색으로 강조하였다. 또한 고도축 오차가 2.0" 이상, 방위각축 오차가 10.0" 이상 또는 되돌림축 오차가 10.0" 이상이 되면 추적오차는 붉은색으로 바뀌어 경고 표시를 한다.

망원경의 장기 추적을 위하여 AGU(Aquisition and Guide Unit)를 사용한다. 먼저 AGU 구동 PC의 GSC(Guide Star Catalogue) 프로그램을 실행한 후, 망원경의 현재위치 주변의 가이드별(Guide star)을 선택한 다음, AGU 구동 프로그램에서 추적팔(track arm) 위치, 회전판(turning plate) 위치를 움직여 ICCD 영상에 별이 들어오게 한다. ICCD 영상은 그림 A-2와 같이 TCS 프로그램 화면 오른쪽에 나타나며 트랙볼을 움직여 별의 중심을 찾아 추적을 시작하고, 매 10초마다 중심 위치의 평균을 구해 처음에 결정한 가이드 좌표와의 차이를 보정하여 추적을 한다.

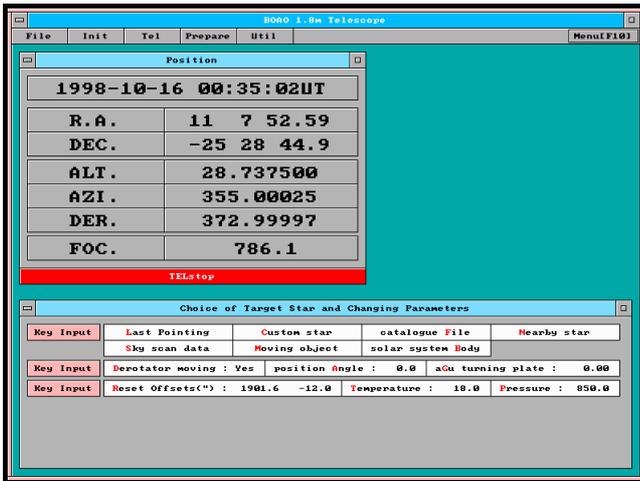


그림 A-1. 추적기능 선택시 관측대상 및 추적관련 변수 설정 화면.

표 A-2. 망원경 추적기능 명령어

	명령어	기능
관측대상 선택	Last Pointing	마지막 관측대상을 다시 추적
	Custom star	현재 또는 특정위치에서 추적 시작
	catalogue File	목록에서 천체의 좌표를 읽어 추적
	Nearby star	Nearby star cat.의 천체를 추적
	Sky scan data	Skyscan data 파일의 천체를 추적
	Moving object	Moving object cat.의 천체를 추적
	solar system Body	Solar System 파일의 천체를 추적
Der. 및 AGU 설정	Derotator moving	망원경 되돌림축을 움직임
	position Angle	망원경 되돌림축의 위치각을 선택
	AGU turning plate	AGU 회전판 각도 입력
추적 변수 설정	Reset offsets("")	좌표 보정을 위한 오프셋 값 설정
	Temperature	외부온도 값 설정
	Pressure	대기압력 값 설정

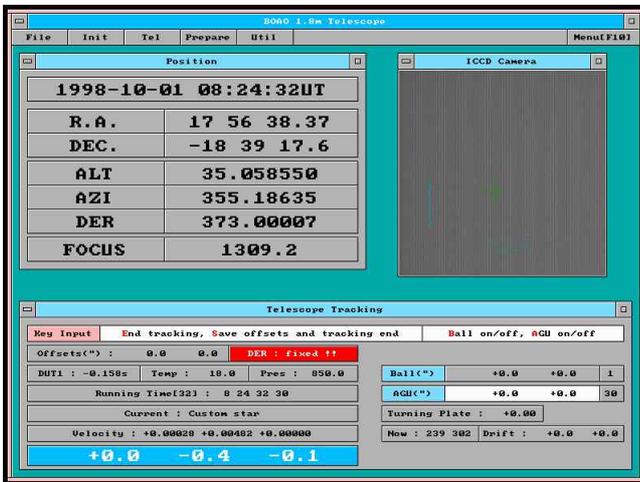


그림 A-2. 망원경 추적화면과 AGU의 ICCD를 이용한 장기추적화면.