

천체 망원경의 자동화

II. 망원경 원격 조종 기술, 장비 및 소프트웨어의 개발

AUTOMATION OF ASTRONOMICAL TELESCOPE : II. DEVELOPMENT OF TECHNIQUES, EQUIPMENTS AND SOFTWARES
FOR REMOTE CONTROL OF TELESCOPE

저자 (Authors)	강용우, 이형목
출처 (Source)	천문학논총 11(1) , 1996.12, 57-73(17 pages) Publications of The Korean Astronomical Society 11(1) , 1996.12, 57-73(17 pages)
발행처 (Publisher)	한국천문학회 The Korean Astronomical Society
URL	http://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE01869712
APA Style	강용우, 이형목 (1996). 천체 망원경의 자동화. 천문학논총, 11(1), 57-73
이용정보 (Accessed)	경기과학기술대학교 119.67.229.*** 2019/08/20 19:18 (KST)

저작권 안내

DBpia에서 제공되는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, 누리미디어는 각 저작물의 내용을 보증하거나 책임을 지지 않습니다. 그리고 DBpia에서 제공되는 저작물은 DBpia와 구독계약을 체결한 기관소속 이용자 혹은 해당 저작물의 개별 구매자가 비영리적으로만 이용할 수 있습니다. 그러므로 이에 위반하여 DBpia에서 제공되는 저작물을 복제, 전송 등의 방법으로 무단 이용하는 경우 관련 법령에 따라 민, 형사상의 책임을 질 수 있습니다.

Copyright Information

Copyright of all literary works provided by DBpia belongs to the copyright holder(s) and Nurimedia does not guarantee contents of the literary work or assume responsibility for the same. In addition, the literary works provided by DBpia may only be used by the users affiliated to the institutions which executed a subscription agreement with DBpia or the individual purchasers of the literary work(s) for non-commercial purposes. Therefore, any person who illegally uses the literary works provided by DBpia by means of reproduction or transmission shall assume civil and criminal responsibility according to applicable laws and regulations.

천체 망원경의 자동화:

II. 망원경 원격 조종 기술, 장비 및 소프트웨어의 개발

AUTOMATION OF ASTRONOMICAL TELESCOPE:

II. DEVELOPMENT OF TECHNIQUES, EQUIPMENTS AND SOFTWARES
FOR REMOTE CONTROL OF TELESCOPE

강 용 우 · 이 형 목
부산 대학교 지구 과학과
(1996. 7. 2 접수)

ABSTRACT

As a continuing effort to develop an automatic control system for small telescope, we developed the software for telescope control and CCD observations under DOS operating system. For accurate pointing of the telescope in short amount of time, we modelled the angular speed of the telescope by aquadratic function of time (constant acceleration) for the first 15 second and then linear function of time (zero acceleration) aftwewards. By changing the telescope speed from 'slew' to 'fine' before the telescope reaches the desired position, we could achieve the accuracy of a few arcsecond. The CCD control software was written for model CCD-10 of CCD Technology. This CCD can be used for guiding purposes. We also conducted the study for remote control of the telescope using telephone line. Although it cannot be used for real observations at the present form, we succeeded in remotely pointing the telescope to desired direction. As faster communication technologies become widely available, simple observations can be made remotely in the near future. Finally we report some observational results made with the present control system.

I. 서 론

본 연구에서는 수동 조작이 되게 되어 있는 기존의 천체 망원경을 컴퓨터의 명령을 통해 원하는 위치로 이동시키고 관측의 수행과 자료의 입력, 관측하는 동안 망원경의 추적동을 일관되게 제어할 수 있는 장치와 기술을 개발하는 것이다. 또 망원경을 제어하는 컴퓨터를 공중 통신망 (전화선), 또는 전용선등을 이용하여 조정함으로써 원격 관측을 할 수 있는 기틀을 마련하는 데 그 주요한 목적이 있다.

특히 본 연구에서는 자동 조종 장치가 값 비싼 선택 사양으로 되어 있어 제외된 상태로 도입되는 경우가 많은 점을 감안하여 국내에서 쉽사리 구할 수 있는 부품들로 장비를 구성할 수 있도록 하고 조종용 컴퓨터는 사무용이나 실험용으로 널리 보급되어 있는 IBM 개인용 컴퓨터 호환 기종으로 선택하여 수동 조작용 컴퓨터를 자동화시키는 데 필요한 비용을 최대한으로 적게 할 수 있도록 하였다. 또한 망원경이 제작 회사마다 조금씩 다른 구동 방법을 택하고 있다는 점을 감안하여 구동 방법에 구애 받지 않고 자동화가 가능케하는 데 역점을 두었으며 이번에 중점적으로 개발한 조종용 프로그램은 다른 컴퓨터 시스템에 이식이 용이하고 각자의 목적에 따라 개정이 쉽게 이루어질 수 있도록 C-언어를 사용하였다.

강 용우, 이 형목, 윤 갑수(1992)에서 자동화를 위해 필요한 설계와 이를 바탕으로한 기본적인 하드웨어들을 실험적으로 제작하고 이들의 작동을 점검하였었는데, 이 연구에서는 기본적인 하드웨어들을 개인용 컴퓨터의 확장 슬롯에 장착할 수 있는 카드와 외부 컨트롤러로 분리 제작하고 이들을 통해 망원경의 제어와 관측을 할 수 있는 일관된 관측 및 제어 소프트웨어를 작성하였다. 이와 아울러 망원경의 원격 조종에 필요한 소형 CCD(CCD Technology, 192x165)의 화상 제어 기능도 개발 하였다.

II. 하드 웨어의 제작

망원경 자동화를 위한 하드 웨어의 설계와 각 부분의 제작 및 실험은 강 용우, 이 형목, 윤 갑수 (1992)에 자세히 설명되어 있다. 이 연구에서는 이들을 결합하여, 망원경에 제어 신호를 보내는 컨트롤러는 개인용 컴퓨터의 확장 슬롯에 장착할 수 있는 카드로 제작하고 망원경의 회전시 나오는 신호를 감지하여 좌표를 설정할 수 있는 펄스 계수기와 각종 스위치를 제어하는 릴레이 그리고 광전 측광기의 필터, 다이아프램 및 반사경등을 구동시켜주는 스텝 모터 구동 장치, 외부의 환경을 감지하여 디지털 신호로 바꾸어주는 A/D 변환기 등은 따로 컨트롤러 상자에 만들어 크게 두 가지로 분리하였다. 이들을 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

1. 망원경 구동을 자동화하는 부분:

구동기와 카운터로 구성되어 망원경에 부착된 엔코더로부터 나오는 신호를 세어 망원경의 구동을 조작하는 패들 스위치들을 릴레이로 동작시켜 구동하게 되어 있다. 이 방식은 구동 모터가 스텝 모터이건 서보 모터이건 상관 없이 작동할 수 있으며 수동 조작을 원할 경우에는 언제든지 가능하다는 장점을 가지고 있다. 망원경의 좌표는 적경이나 적위 방향으로 1초 회전할 때마다 하나씩 나오는 엔코더의 펄스를 세어 계산하고 이 위치가 원하는 위치가 될 때까지 망원경을 회전시키는 방법을 사용하였다. 엔코더에서 나오는 펄스는 적경 적위가 증가하는 방향과 감소하는 방향에 따라 다른 단자를 통해 펄스가 나오게 되어 있어 증가할 때 나오는 펄스가 들어오는 단자와 감소할 때 들어오는 단자가 분리되어 좌표의 증감에 따라 계수기 Register 값이 같이 증가하거나 감소하게 되어 있는 상하 계수기 (Up-Down Counter)를 제작하여 사용하였다. 각각의 계수기는 24 비트의 Register를 가지고 있다. 이 펄스 계수기의 기본 설계는 강 용우, 이 형목, 윤 갑수 (1992)에 자세히 설명되어 있다.

2. 관측을 제어하는 부분:

본 연구가 지향하는 자동화 대상 망원경은 주로 소형 망원경이므로 이들을 이용한 관측으로 크게 CCD 관측과 광전 측광 두 가지를 염두에 두었다. 그 중 CCD 카메라 제어 장치는 대개 카메라 제작사가 함께 제공하기 때문에 본 연구에서는 주로 CCD 제어 소프트웨어의 개발에 중점을 두었다. 광전 측광을 위해서는 필터 바퀴와 다이아프램 바퀴의 회전, 그리고 확인용 집안 렌즈로 빛을 보내주는 반사 거울을 제어하는 모터의 구동을 컴퓨터의 명령을 통해 이루어질 수 있게 하여야 한다. 실제 상용화된 광전 측광기는 이들이 대부분 수동 조작에 의해 이루어지도록 만들어져 있기 때문에 본 연구에서는 완전 자동 구동이 가능한 광전 측광기를 직접 제작하였다. 이 광전 측광기의 구조는 강 용우, 이 형목, 윤 갑수 (1992)에 보여져 있다.

3. 관측 상태를 감시하는 부분

천문대 부근의 환경 인자들은 관측 여부를 결정하는 데나 관측 상태에 대한 참고 자료로서 필요하기 때문에 계속적인 감시가 필요하다. 그러나 이러한 인자들을 정교하게 추적할 필요는 없으므로 8 비트 A/D 변환기를 이용하여 제작하였으며 현재 감시 가능한 인자들은 온도, 습도 등이며 추후 풍향, 강수 여부, 그리고 적외선 검출기를 이용한 운량 등의 측정 장치가 뒤따라야 완벽한 무인 천문대를 유지할 수 있을 것이다.

4. 컴퓨터와의 인터페이스

위에 살펴본 구동기와 감시기등과 컴퓨터와의 대화는 8255 라는 전용 인터페이스 칩을 이용하여 IBM 호환 개인용 컴퓨터의 확장 슬롯에 장착할 수 있는 카드의 형태로 만들었다. 이 인터페이스 카드는 Intel 80286 마이크로 프로세서로 작동되는 AT 컴퓨터에서 작동하는 것이 정상적이나 20 MHz 정도의 80386 프로세서를 장착한 컴퓨터에서도 정확히 동작하였다. 그러나 CCD화상의 처리를 포함하고 동시에 망원경의 상태도 감시하여야 하므로 더욱 고속의 처리가 요구되는 상황이어서 고속의 마이크로 프로세서(80486)를 장착한 컴퓨터에서 사용하기 위해서 본 연구에서는 컴퓨터와 CCD, 그리고 인터페이스간의 속도를 최적화 하기 위해 '신호 지연 처리 기법'을 사용하였다.

III. 망원경 구동 및 관측 제어 소프트웨어

여기서 중점적으로 다루려는 부분은 주로 망원경 구동 및 관측 제어 소프트웨어이다. 여기서 사용한 프로그래밍 언어로는 널리 보급되어 있고 어느 운영 체제로도 이식이 쉬운 C-언어를 사용하였다. 각종 명령을 쉽사리 전달해 주기 위하여 마우스를 사용하는 것을 가정하여 프로그램 하였으며 현재 IBM 호환 기종에서 사용되는 VGA 그래픽 보드에서 작동하는 것을 가정하여 프로그램을 작성하였다. 만약 추후에 보다 성능이 뛰어난 컴퓨터에 이 프로그램을 이식시키기 위해서는 마우스와 그래픽 보드 제어 그리고 도스 인터럽트 부분만 바꾸면 될 것이다.

이 연구에서 개발한 소프트웨어는 자동 구동 및 주변 환경 검출을 위한 부분과 자동 관측과 관측을 제어하기 위한 CCD 구동 부분등으로 되어있다.

망원경 구동을 담당하는 컴퓨터를 외부에서 제어할 수 있다면 관측도 천문대에 가지 않고 가능하게 된다. 따라서 원격 관측을 위한 통신 프로그램도 포함되어 있다.

1. 망원경의 좌표 입력과 구동

망원경을 구동시키는 방법은 이미 설명한 대로 망원경 조작용 패들 스위치와 병렬로 릴레이를 연결하고 이 릴레이들을 컴퓨터의 명령에 따라 접속될 수 있도록 한 것이다. 이제 망원경을 원하는 위치로 보내기 위해서는 망원경의 움직임에 따라 좌표를 추적하는 것이 선결 과제이다.

망원경이 가리키는 좌표는 적경과 적위의 기어와 연동으로 되어 있는 엔코더로부터 나오는 펄스를 샘플로서 가능하게 된다. 대부분의 망원경에는 각도로 1초 움직일 때마다 펄스가 하나씩 나오도록 되어 있다.

망원경이 현재 가리키는 위치가 적경은 α_0 , 적위는 δ_0 이고 적경 α 적위 δ 인 별의 위치로 이동시키려고 한다고 가정하자. 적위의 차이는 $\delta - \delta_0$ 이므로 적위 모터를 움직여 원하는 위치에 가도록 해 주어야 하기 때문에 적위 모터를 구동시키면서 펄스 계수기의 Register를 추적하여야 한다.

적경의 경우에는 문제가 약간 더 복잡하다. 망원경은 지구의 자전과 같은 속도로 적경 방향으로 회전을 하면서 별을 추적하고 있다. 따라서 적경 엔코더로부터는 항성시 1초당 15개의 펄스가 나오며 이 펄스의 갯수가 적경 계수기 Register에 계속 누적된다. 따라서 적경 좌표는 항성시 1초당 15개의 펄스를 제거하여야 한다. 적경 구동 역시 이와 같은 현상을 감안하여 망원경을 구동시켜야 한다.

현재 작성되어 있는 프로그램은 먼저 적위 방향을 회전시켜 원하는 적위에 다다르게 한 후 다시 적경 방향을 회전 시킨다. 망원경의 회전은 'slew (조동)'와 'fine (미동)' 두 가지 속도가 있어 초기에는 조동 속도로 회전시키다가 원하는 좌표 근처에 다다르게 되면 미동 속도로 움직여 원하는 위치에 다다랐을 때 정지시키는 방법을 사용하고 있다. 이 때 정지한 위치의 좌표가 원하는 위치의 좌표와 차이가 나면 다시 미동 속도로 조정하는 과정이 필요하다. 그러나 우리의 경험으로는 조동 스위치를 충분히 전에 끄고 미동으로 움직임으로써 오차를 거의 없앨 수 있으며 이 방법이 축차적인 방법으로 다시 되돌리는 방법보다 오히려 시간을 아낄 수 있다는 사실을 발견하였다.

가장 적합한 망원경의 조종을 위해 우리는 우선 망원경의 가속도와 감속도를 측정하였으며 그 결과는 그림 1에 보였다. 이 그림에 의하면 조동으로 망원경을 구동할 경우 처음 약 15초 동안은 약 $140^\circ/\text{sec}^2$ 의 가속을 하고 그 이후에는 역 $1.5^\circ/\text{초}$ 의 등속 운동을 한다. 또 조동 스위치를 켜는 경우 감소률도 가속률과 같다는 사실도 알 수 있었다. 따라서 망원경의 각속도를 대략 그리면 그림 2와 같이 되며 여기서 실선은 최대 속도까지 이른 후 조동 스위치를 끈 경우이고 점선은 최대 속도에 이르지 못한 상태에서 조동 스위치를 끈 경우이다. 따라서 이 망원경이 움직인 거리 $\Delta\theta$ 는 다음 식에 의해 주어진다.

$$\Delta\theta = a t_1^2/2 + v (t_2 - t_1) + a (t_3 - t_2)^2/2 \quad (1): \text{실선의 경우}$$

$$\Delta\theta = a t_h^2/2 + a (t_f - t_h)^2/2 \quad (2): \text{점선의 경우}$$

여기서 가속이 되면서 간 거리 $a t_1^2/2$ 는 약 5도 이므로 $\Delta\theta$ 가 10도 이상인 경우에는 식 (1)을 사용하여 잔여 거리가 5도다 될 때 조동 스위치를 끄므로써 대략 원하는 위치에 이를 수 있게 된다. 반면 $\Delta\theta$ 가 10도 미만인 경우에는 $\Delta\theta/2$ 까지만 조동으로 움직이고 조동을 끄면 대략 원하는 위치

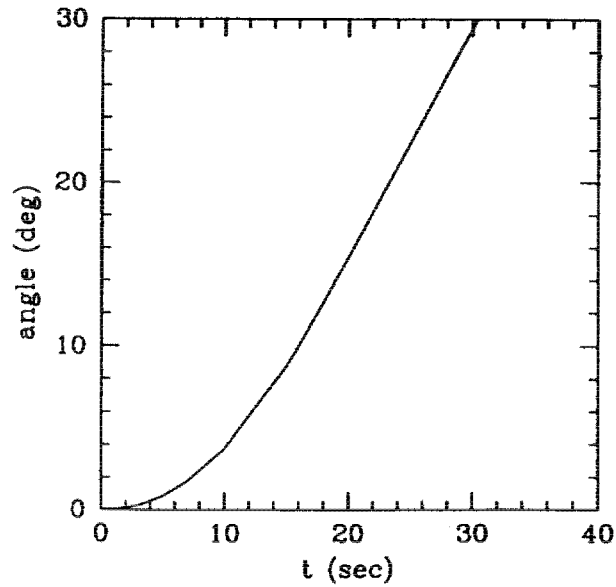


그림 1. 망원경을 조동으로 움직일 때 시간에 따른 각도의 변화. 가속이 아주 작은 초기 운동을 1초 정도 한 후 등가속으로 15초 움직이다가 그 후에는 등속 운동을 한다.

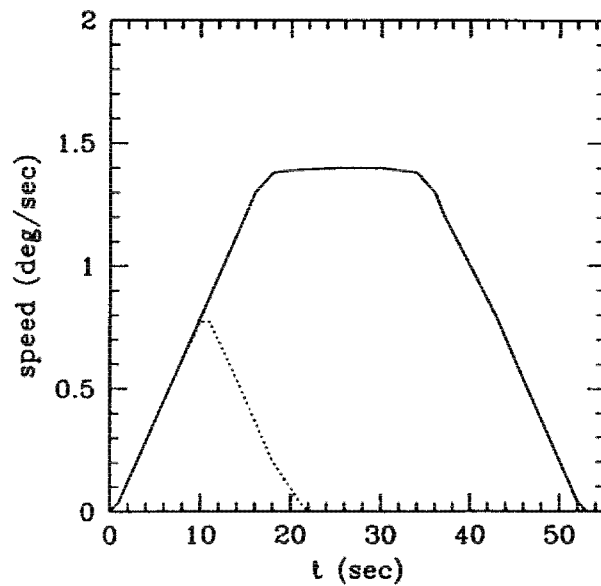


그림 2. 조동으로 망원경을 움직일 때 회전 각속도의 시간에 따른 변화. 실선은 등속 운동에 다다른 경우이고 점선은 가속중 조동 스위치를 끈 경우이다.

까지 가게 된다.

그러나 실제로는 망원경의 방향에 따라 약간씩 다른 가속률과 감속률률 가지므로 (1)식과 (2)식으로 주어지는 것보다는 작은 $\Delta\theta$ 까지만 조동으로 움직이고 나머지는 미동으로 조정을 하도록 프로그램 하였다. 그러나 망원경의 정지 위치가 실제 원하는 위치로부터 10"이상 벗어났을 경우에는 다시 미동으로 조정하는 방법을 사용하였으며 실제로 이렇게 망원경을 다시 돌려야 하는 경우는 그다지 많지 않았다.

별의 위치를 적경과 적위로 표현함에 있어서 우리는 기준 싯점의 좌표를 사용한다. 흔히 사용하는 기준 싯점은 1900년 1월 1일 0시 (UT)나 1950년 1월 1일 0시 (UT)이다. 그러나 그 천체의 현재 위치를 적경 적위로 표현하면 기준 싯점의 좌표와는 상당한 거리가 있게 된다. 이러한 위치의 차이가 나오게 되는 주된 요인은 지구의 세차 운동 (Precession) 과 장동 (Nutation)이다. 세차 운동에 의한 적경과 적위의 보정은 다음과 같다. (Henden and Kaitchuk 1982)

$$\Delta\alpha = (m + n^s \tan\delta_m \sin\alpha_m) (t_f - t_0)$$

$$\Delta\delta = (n'' \cos\alpha_m) (t_f - t_0)$$

여기서 $\Delta\alpha$ 는 second로 $\Delta\delta$ 는 초(")로 나타나고 t_f 는 관측하는 날을 년으로 표현한 값이며 t_m 은 좌표의 기준 싯점을 년으로 나타낸 것이다. 그리고 m , n^s , n'' 등의 상수는 다음과 같이 주어진다.

$$m = 3^s.07234 + 0^s.00001863 t_m$$

$$n^s = 1^s.336457 - 0^s.00000569 t_m$$

$$n'' = 20''.04685 - 0''.0000853 t_m$$

위의 식에서 t_m 은 1900년에 대한 평균 시간으로써

$$t_m = (t_f + t_0)/2 - 1900$$

으로 주어진다. 적경과 적위에 m 자 아랫 첨자가 사용된 것은 중간 싯점 (즉 $(t_f+t_0)/2$)에서의 적경과 적위를 나타낸다. 위 공식을 이용하여 정확한 적경 적위를 구하려면 측차 근사 방법을 사용하여야 하나 기준 싯점의 값을 사용한다 하더라도 그 오차는 각도로 1초 이내이다. 따라서 본 연구에서와 같이 비교적 빠른 속도의 좌표 변환이 요구되는 상황에서는 α_m 과 δ_m 대신에 α_0 δ_0 를 사용하여도 무방할 것이다.

장동에 의한 좌표 편차는 세차 운동에 의한 것보다는 무시할 수 있을 정도로 작기 때문에 본 연구에서는 고려하지 않았다.

천체의 위치는 위와 같은 지구 운동에 의한 효과 이외에도 별 자체의 고유 운동에 의한 움직임이 있다. 이러한 고유 운동을 각속도로 표현한 것은 가까운 별일수록 크게 나타나고 먼 별일수록 작은 값을 갖는 경향이 있다. 또 고유 운동은 장기간을 두고 관측한 결과를 토대로 측정하는 양이

기 때문에 모든 별에 대해 그 관측치가 나와 있지는 않다. 고유 운동이 큰 별의 경우 그 값들이 대략 1 초/년 정도이므로 보정이 필요한 것들도 많이 있어 이 별들은 컴퓨터에 미리 고유 운동을 기억시켜 놓아 정확한 위치로 보정이 자동으로 되도록 하는 것이 필요할 것이다.

망원경이 가리키는 방향의 천정 거리가 90도에 가까워지면 망원경의 작동에 무리가 가게 된다. 대부분의 망원경은 기계적으로 한계 위치보다 낮게 가지 않도록 안전 장치가 되어 있으며 본 연구에서 작성한 소프트웨어 역시 이러한 안전 장치를 고려하여 작성하였다. 즉 망원경이 가리키려는 위치의 천정 거리를 미리 계산해 본 후 그 값이 한계 값 (본 연구에서는 80도로 주었음)을 넘어서면 경고와 함께 망원경이 움직이지 않도록 한 것이다.

천체 관측을 위해 반드시 알고 있어야 할 시간으로는 태양시보다 항성시이다. 항성시는 '춘분점의 시간각'으로 정의된 값으로서 평균 태양시보다 약간 길다. 경도가 1인 지방에서의 항성시와 평균 태양시와의 관계는 다음과 같이 주어진다.

$$ST = 6.66460556 + 2400.0512617 (JD - 2415020)/36525 + 1.0027379 (UT) - 1$$

여기서 1은 천문대가 있는 곳의 경도를 시간으로 나타낸 것이다. 예를 들어 부산 대 천문대의 경도는 129도 3분으로서 (안 홍배, 최 광선 1981) 이를 시간으로 환산하면 약 8.603시가 된다. 여기서 UT는 그리니치 천문대의 평균 태양시이고 JD 는 줄리안 일로써 기원전 4713년 1월 1일 UT 12시를 0으로 하여 세어나간 날 수이다.

대부분의 천문대에서는 항성시를 정확히 추적하는 항성 시계를 따로 가지고 있으며 망원경 구동 컴퓨터가 원하는 때 언제든지 그 시각을 제공 해주게 되어 있으나 본 연구에서는 우선 개인용 컴퓨터에 내장되어 있는 시계를 이용해 현재의 날짜와 시각을 구한 후 이를 이용해 항성시를 계산하는 방법을 택하였다. 이 방법은 항성 시계를 따로 갖지 않아도 되는 장점을 가지고 있는 반면 개인용 컴퓨터의 시간이 그다지 정확하지 못하기 때문에 아주 정확한 항성시를 원할 경우에는 사용하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 다음 연구로 시계를 따로 제작하여 개인용 컴퓨터와 GP-IB 카드로 연결하여 필요할 때 컴퓨터가 항성시를 읽어들이 수 있도록 계획하고 있다.

2. 소프트웨어의 구성

위에 밝힌 여러가지 기능을 포함하는 일관된 소프트웨어의 흐름도를 그림 3에 보였다. 이 프로그램은 여러 개의 서로 다른 기능을 가진 함수로 구성되어 있으며 각 주요 함수별 기능은 다음과 같다.

- main() : 배경 화면을 그리고 마우스를 초기화하며 제어 장치의 각 부분을 초기화한 후 Menu()를 부른다.
- Menu() : 이 소프트웨어가 처리할 수 있는 8가지 기능을 화면에 보이고, 마우스나 키보드로부터 입력을 받는다.
- Read_Mouse() : 마우스를 통해 기능 선택 입력을 받아 해당되는 각 기능 함수를 불러 이들을 처리한다.
- Read_Kb() : 키보드를 통하여 기능 선택 입력을 받아 해당되는 각 기능 함수를

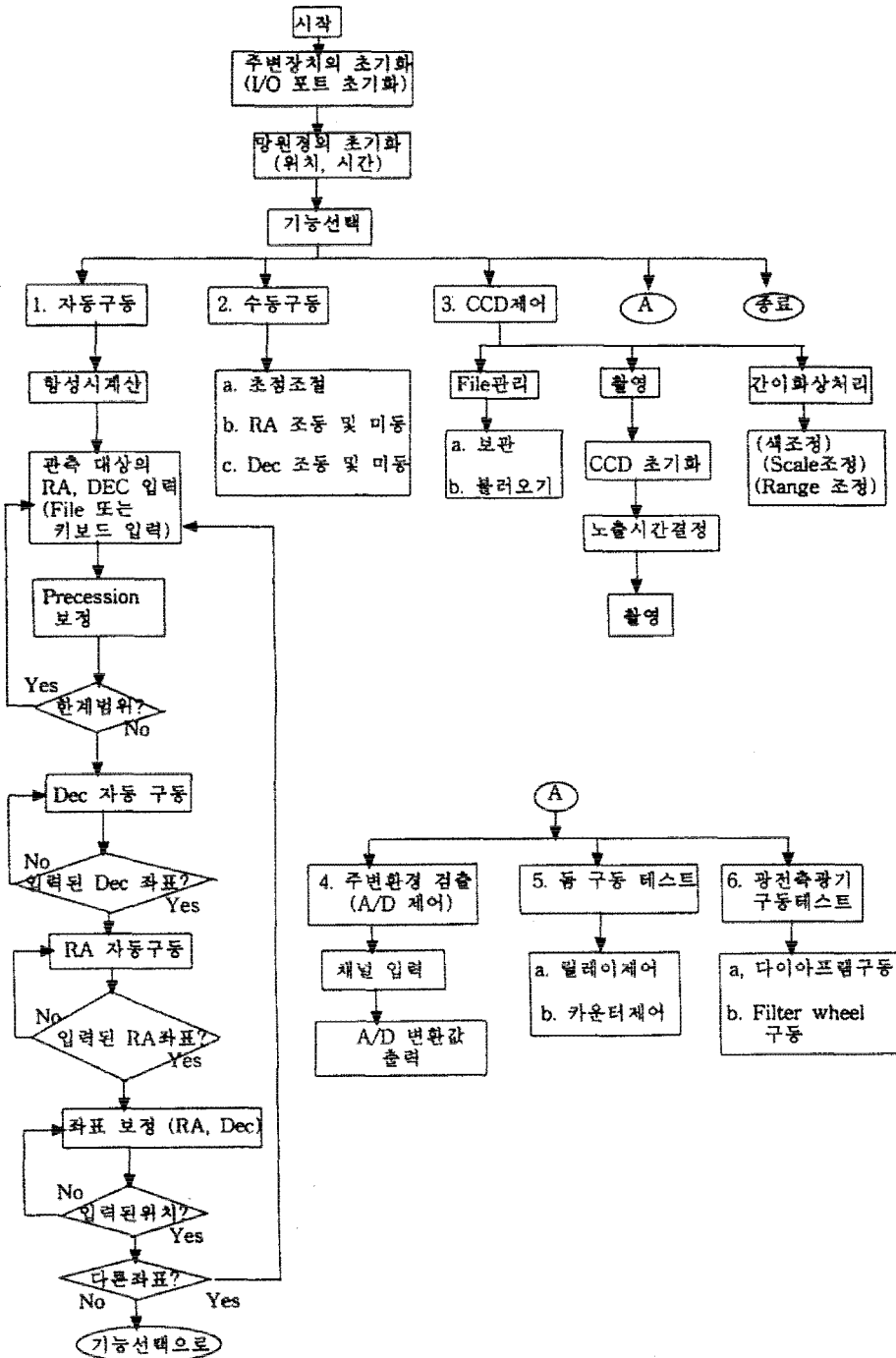


그림 3. 본 연구에서 제작한 망원경 및 관측 제어 소프트웨어의 흐름도

불러 이들을 처리한다.

Date_Time_Set() : 컴퓨터의 내장 시계를 이용하여 날짜와 시간을 구한다.

Change_Time() : 컴퓨터의 날짜와 시간이 맞지 않을 때 이들을 다시 설정 한다.

Auto_Control() : 이 함수는 먼저 화면상에 finder 영역을 그리고 항성시를 계산한 후(Sidereal_Time을 불러서 계산함) 천정의 적경 적위 값을 화면에 표시한 후 기준 별의 위치를 입력받는다. 입력된 기준 별의 적경, 적위, 그리고 기준 시점의 값으로부터 세차 운동에 대한 보정을 마치고 천정 거리를 계산하여 화면에 표시한다. 그 다음 관측하려는 별의 적경, 적위, 그리고 기준 시점등을 입력 받아 관측 가능 여부를 조사한 후 계수기를 초기화시키고 망원경의 구동을 시작한다. 이 때 적위 구동을 먼저 하고 적경 구동을 한다.

Manual_Control() : 화면에 버튼 모양을 그리고 마우스나 키보드로부터 입력을 받아 해당 기능을 수행시킨다. 여기서 사용하는 키보드는 화살표이며 각 화살표의 방향은 ↑가 적위 증가, ↓가 적위 감소, →가 적경 증가, 그리고 ←가 적경의 감소를 나타내며 조동을 위해서는 insert 키와 함께 누르면 된다.

Obs() : CCD를 초기화 하고, CCD를 구동시키며,노출 및 촬영 기능, 그리고 받아 들인 화상을 보여 주거나 저장등의 처리를 하는 간단한 화상처리 기능을 포함 한다.

AD16() : A/D 변환기 16 개의 채널 값을 읽어들인다.

Step_Motor() : 광전 측광기 구동을 위한 2개의 스텝 모터를 구동시킨다.

Relay() : Dome 및 주변기기 제어용 대용량 릴레이의 스위치를 구동한다.

Counter() : 적경,적위 등의 엔코더로부터 나오는 신호를 세고 제어한다.

Fine_Mouse() : 마우스로부터의 입력을 받아 제어 장치로 신호를 보내어 망원경을 움직이고, 카운터로부터 위치를 읽는다.

Speed_Mouse() : 마우스로부터의 입력을 받아 망원경을 조동으로 이동시킨다.

Fine() : 키보드로부터 입력을 받아 망원경을 미동으로 이동시킨다.

Speed_Up() : 키보드로부터 입력을 받아 망원경을 조동으로 이동시킨다.

그외 제어 장치를 직접 제어하는 저 수준의 함수들의 기능 원리는 강용우, 이형목, 윤갑수 (1992)에 자세히 설명되어 있다.

3. 관측 제어

실제 관측을 자동화하기 위해서는 크게 두 가지 사항이 이루어져야 한다. 하나는 관측 장비를 구동시켜 원하는 관측을 시작할 수 있는 단계에 도달하게 하는 것이고 또 하나는 관측 데이터를 읽어 들이는 것이다. 관측 장비의 구동은 어떤 종류의 관측을 하느냐에 따라 조금씩 다를 것이다. 본 연구가 겨냥하고 있는 소형 망원경들은 흔히 광전 측광에 많이 응용되며 최근에 들어와서는 CCD

관측도 성행하고 있다. CCD 카메라의 경우에는 관측 제어 및 자료 수집을 할 수 있는 기본적인 하드웨어와 소프트웨어가 같이 공급되는 것이 통례이나, 본 연구처럼 원격 제어를 할 경우 망원경 시야의 CCD촬영 및 전송이 망원경 제어와 함께 통신 프로그램과 복합되어야 하므로 소프트웨어의 개발이 필요하고, 광전 측광 관측의 경우는 하드웨어와 소프트웨어를 함께 개발하였다.

본 연구에서 구입하여 사용한 CCD는 CCD Technology사의 모델명 CCD-10으로 소형으로서 그 기능은 표 1과 같다.

표 1. CCD 소자의 특성.

형	명	TC 211
해	상	192 x 165
유	면	2640 um by 2640 um
효	적	2640 um by 2640 um
유	면	2640 um by 2640 um
효	적	2640 um by 2640 um
픽	크	13.75 um by 16 um
셀	기	13.75 um by 16 um
감	도	280 mV/lx
전	하	99.998%
하	전	99.998%
전	송	99.998%
송	효	99.998%
효	율	99.998%

이 CCD는 기본 구조만 간단히 하드웨어로 구성 되어 있고, 구동에 필요한 제어 신호와 펄스등은 소프트웨어로 처리하는 방식으로 되어 있다.

이 CCD의 동작은 다음의 그림 4와 같다. 컴퓨터에서 나온 CCD 제어 신호는 신호 전압 변환기를 거쳐 CCD를 제어 한다. CCD에서 나오는 촬영된 영상 신호는 신호를 일정 간격씩 모아 보내는 '샘플/홀드' 앰프와 버퍼 겸 신호 증폭 앰프를 거쳐 8비트 A/D 변환기로 가게 된다. 여기서 변환된 신호를 컴퓨터에서 영상으로 구성하는 것이다.

CCD 구입시에 들어온 소프트웨어는 CCD 구동만을 위한 것이어서, 본 연구에서는 간단한 화상 처리 기능등을 부가하고 망원경 자동 구동 프로그램과 결합 시켰다. 이 기능은 본격적인 고해상력의 CCD로 관측 할 경우 추적 감시와 원격 제어 시에 망원경 시야 확인으로 사용하게 된다.

본 연구에서 개발한 자동 관측이 가능한 광전 측광기는 강 용우, 이 형목, 윤 갑수(1992)에 자세히 설명하였으며 이 측광기는 모든 구동이 스텝 모터와 직류 서보 모터에 의해 작동하도록 되어 있어 컴퓨터를 이용한 관측 수행이 가능하게 되어 있다.

4. 원격 제어에 관한 연구

본 연구의 최종 목표는 천문대에 직접 가지 않고 멀리 떨어진 원격지에서 컴퓨터 조작을 통해 천체 관측을 실시할 수 있도록 하는 것이다. 이를 위해 해결되어야 할 사항들은 사람이 망원경을 보면서 조작하지 않기 때문에 생길 수 있는 위험성을 제거해야 하는 등 여러가지 보안 조치가 필요하다. 이러한 일련의 사항들은 이미 작성한 소프트웨어나 하드웨어들을 개선함으로써 성취될 수 있을 것이다. 본 연구에서는 우선 망원경 구동과 관측 장비를 제어하는 소프트웨어들을 RS-232 직

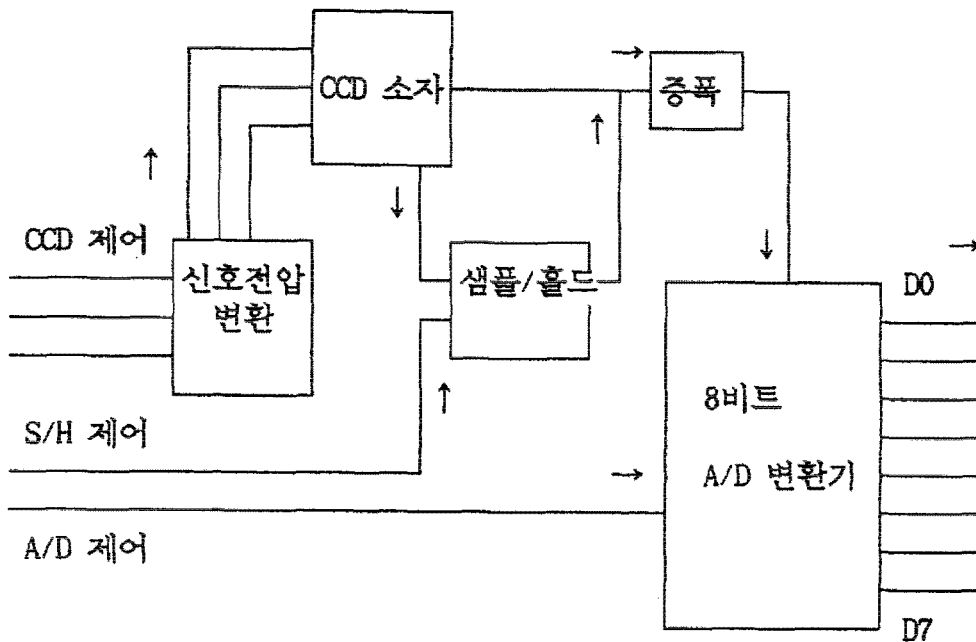


그림 4. 본 연구에서 사용한 CCD의 신호 흐름도.

렬 포트를 통해 제어하는 초보적인 소프트웨어를 구성하였다. 모뎀을 이용한 망원경 구동은 그림 5에 보인 것과 같은 개념으로 되어 있다.

여기서 단말 프로그램은 기본적인 통신 기능을 가진 어느 소프트웨어라도 상관 없으나 본 연구에서는 공개 프로그램으로 널리 사용되는 하늘소의 이야기를 사용하여 작업을 하고 있다.

이 프로그램을 구성하는 각 함수들을 간단히 설명하면 다음과 같다.

(1) 직렬 포트나 모뎀과의 통신을 처리 해 주는 함수

```
init(); 그래픽 모드를 VGA 모드로 하고, 글자 폰트 파일을 읽는다.
open_modem(); 모뎀을 초기화 한다.
init_port(); 통신 포트를 초기화 한다.
toto(); 모뎀에서 오는 글자가 있으면 화면에 나타내고, 글자를 입력
        하면 그 글자를 모뎀으로 보내 주는 일을 한다.
start(); 접속이 되면 단말기로 접속 메시지를 보냄.
popo(); 기능 선택 메뉴.

str_send(); 모뎀으로 메시지를 보내는 일을 한다.
outstr(); 화면으로 메시지를 보낸다.
```

(2) 망원경 구동과 관측 제어를 하는 함수

이 함수들은 앞 절의 소프트웨어 구성에서 보인 함수들과 동일하다. 그러나, 마우스나 키보드로 처리 해 주는 부분을 (1)항의 통신 처리 함수들로 바꾸어 원격 제어 처리가 되도록 하였다.

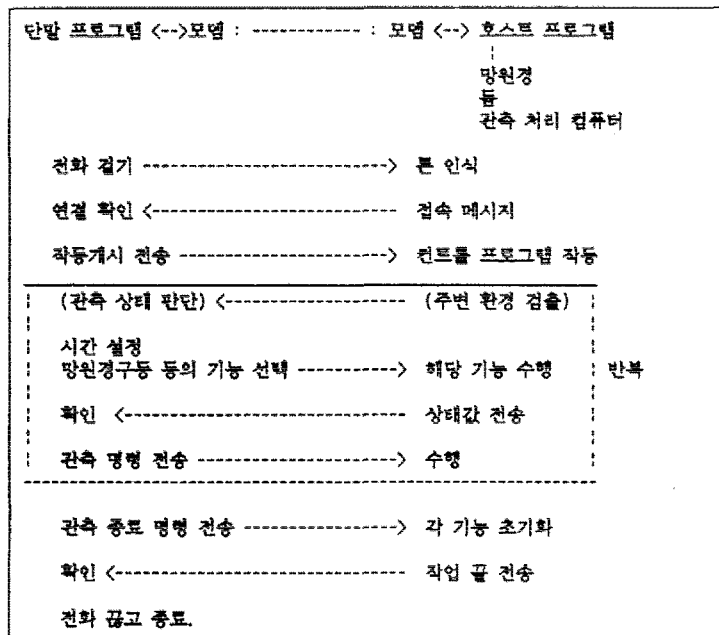


그림 5. 모델을 이용한 망원경 구동 프로그램 작업 흐름도

IV. 결 과

본 연구에서는 강용우,이형목,윤갑수(1992)에서 제작된 개별 기능의 하드웨어들을 통합하고 복합적인 기능을 가진 것으로 발전 시켰다. 그리고 이들 기기들의 제어와 데이터의 입출력등은 모두 Programmable I/O를 사용하여 처리하였는데, 이는 제작이 간편하고 다양한 기능을 한가지 개념으로 취급 할 수 있었다. 한편 주변 기기와 컴퓨터와의 대화는 이 PIO로 일원화 함으로써 프로그램의 작성도 용이하였다.

망원경과 추적용 CCD의 제어,돔의 회전과 개폐 제어,주변 인자 검출을 위한 A/D변환기의 입력, 그리고 자동 광전 측광기의 제어등이 가능한 종합적인 소프트웨어를 제작하였다. 이 소프트웨어는 실제 관측에 응용 하면서 사용자가 쉽게 망원경의 조작 및 관측을 할 수 있도록 노력을 기울였으나 앞으로도 계속 수정 보완 하여야 할 것으로 보여진다.

다음은 본 연구에서 제작된 자동제어 장치와 소프트웨어로 실제 관측에 응용된 예이다..

1. 초신성 관측

이 연구가 진행 되고 있던 중 1993년 3월 28-29일 (UT기준)사이에 근접 외부은하 M81에서 초신성이 폭발 하였다. 이 초신성은 관측 당시 광도가 약 11-12등급으로 도시광이 대단히 밝은 부산 시

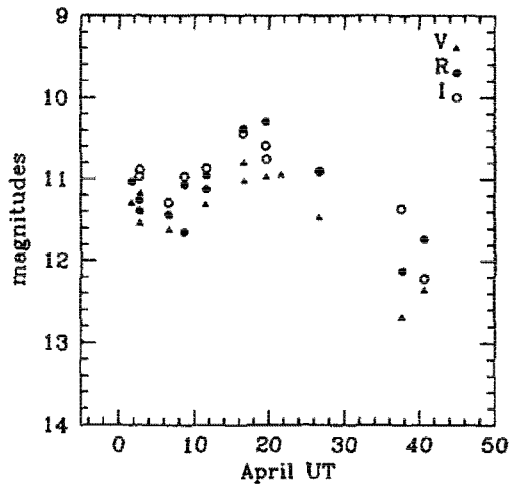


그림 6. 본연구에서 사용한 망원경과 관측 시스템을 이용해 측정한 초신성 1993J의 VRI 등급의 시간에 따른 변화.

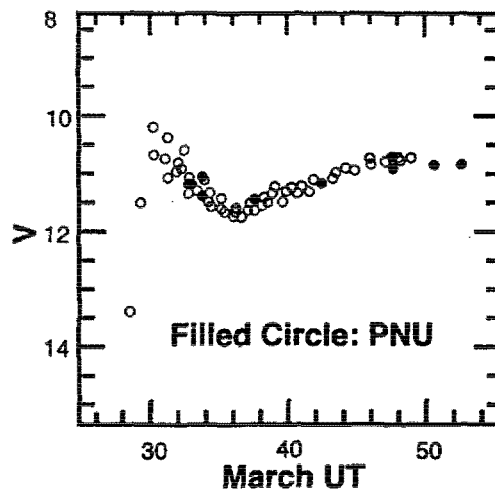


그림 7. 그림 6에 보인 본 연구에서 관측한 초신성 1993J의 V 등급의 시간에 따른 변화와 (검은 원)과 외국 천문대들에서 관측한 결과 (비어 있는 원) 와의 비교.

내에 위치한 부산대학 40cm망원경으로는 육안으로 식별 하기가 힘들어 찾아 내기가 대단히 어려웠다. 그러나 본 연구에서 개발한 자동 제어 장치와 소프트웨어는 외국에서 보고된 천구상의 위치로 정확히 망원경을 옮겨 주었고, 이 위치에서 고감도 CCD로 촬영함으로써 초신성을 구별 할 수 있었다. 부산 대학교 천문대에서는 하루 정도의 준비기간을 거쳐 1993년 4월 2일부터 한달 이상 이 초신성에 대하여 관측을 하였다. 이렇게 관측된 초신성의 등급을 IRAF(Image Reduction and Analysis Facility)라는 소프트웨어 패키지의 APPHOT(Aperture Photometry)라는 소프트웨어로 구하였다. 관측된 초신성의 시간에 따른 밝기의 변화는 그림 6에 나타나 있다. 본 연구에서 수행한 측광 오차의 정도를 보기 위해 그림 7에는 외국 천문대들에서 관측한 자료와 본 연구에서 관측한 자료를 서로 비교하였다.이정도 밝기의 별은 대도시에 위치한 소형 망원경으로도 충분히 정확한 측광이 가능하다는 사실을 볼 수 있다.

2. 성단 및 행성상 성운 등의 관측

본 연구에서 개발한 자동 장치와 소프트웨어를 사용하여 여러 성단들이나,행성상 성운,행성등의 관측을 시도하였다. 성단에는 밝기가 다른 별들로 구성 되어 있어 여러가지를 시험-예로서 기기의 한계등급이나 CCD의 밝기와 파장대에 따른 감도 특성등-하는데에도 사용될 수 있다. 우리는 M13의 V,R,I CCD관측에서 광해가 심한 도심의 캠퍼스에 위치한 부산대 40cm망원경으로도 어두운 별은 14등급에 이르는 것을 알았고, 각 크기가 대단히 큰 NGC 7039의 관측을 통해 넓은 영역의 밝은 산개 성단들도 좋은 관측 대상이 됨을 알 수 있었다. 그 밖에도 행성상 성운, 행성등 많은 천체들을 촬영하였고, 이들 장치들은 관측 대상으로 정확히 망원경을 이동 시켰으며, 효율적으로 CCD 관측을 수행 할 수 있게 하였다.

이상에서 자동화된 천문대가 얼마나 효율을 높일 수 있었는지 볼 수 있었다. 그리고 고감도 CCD와 자동 지향 장치만 부착하면 도심에 위치한 국내의 소형 망원경으로도 흥미로운 관측이 이루어질 수 있다고 보여진다.

V. 요약 및 차후 과제

지난 2년간의 연구를 거쳐 천체 망원경을 자동으로 구동하는 데 필요한 하드웨어와 기본적인 망원경의 이동, 관측 장비의 제어, 관측 자료의 수집등을 수행할 수 있게 되었다. 그러나 현재 상태로는 천문 관측에 직접 응용하기는 어려운 실정이다. 실제 관측을 수행하기 위해서 요구되는 것은 장비와 소프트웨어의 정확도, 신뢰도, 그리고 유연성 등으로 요약할 수 있겠다.

우선 정확도는 컴퓨터에 의해 이동하여 망원경이 가리키는 위치가 충분히 원하는 위치와 적합하여 직접 관측 단계로 넘어갈 수 있게 하는 것을 말한다. 이러한 정확성은 소프트웨어만 가지고 성취될 수는 없다. 즉 망원경의 균형등이 정확히 맞지 않는 경우에는 아무리 정확한 위치로 망원경을 이동시키려고 해도 망원경의 흔들림으로 인해 실제 가리키는 방향은 상당한 오차를 가지고 있을 수도 있다. 이러한 문제점으로 인하여 우리는 현재의 소프트웨어가 허용하는 각도 오차를 1" 이내로 줄여도 실제 망원경은 최대 4' 정도까지 위치의 오차가 있음을 발견하였다. 이 문제는, 망원경의

균형을 다시 맞추고 느슨한 접합 부분을 조임으로써 해결을 하려고 하고 있다.

신뢰도는 망원경이나 기타 관측 장비에 피해가 생기지 않도록 안전 장치를 철저히 하는 것을 뜻한다. 예를 들어 망원경이 한계 이상으로 움직이면 복구하기 어려울 정도의 피해를 입을 수 있으며 광전 증배관은 과도한 빛에 노출되면 기능을 상실할 수 있게 된다. 또한 돔의 개폐 이전에 강우 등의 기상 조건을 미리 철저히 점검한 후 개폐 여부를 결정해야 한다.

유연성이라 함은 관측이나 망원경의 구동이 잘못 되었을 때 쉽사리 교정하여 정상 상태로 돌릴 수 있는 기능을 뜻한다.

이상 밝힌 자동화에서 요구되는 사항들을 모두 실현 시키는 것이 다음 연구 목표라 하겠다. 또 망원경과 관측 장비를 모두 원격지에서 조정할 수 있도록하는 문제도 본 연구의 주요 목표 중 하나이다. 이들에 대한 자세한 연구 계획은 다음과 같다.

1. 정확도

망원경의 지향 정확도는 현재는 수 분 정도까지 오차를 가지고 있어 수동 조작의 도움 없이 직접 관측을 하는 것은 불가능한 상태이다. 그러나 이러한 오차는 자동 구동 하드웨어나 소프트웨어의 결함이라기 보다는 망원경의 기계적인 결함에 기인하는 것으로 밝혀졌다. 따라서 망원경의 기계적인 부분을 최상의 상태로 만든 후 다시 점검해 보아야 할 것이다.

광전 측광이 자동으로 이루어지기 위해서 요구되는 망원경 지향 오차는 밀집된 지역의 광전 측광을 배제한다고 가정할 때 10" 이내이다. 망원경의 극축과 균형이 정확히 맞고 기계적인 결함부에 결함이 없을 경우 이 정도의 지향은 충분히 이루어지리라 보고 제어 프로그램은 10" 이내의 위치로 이동하는 것이 어렵지 않음은 이미 여러 실험을 통하여 확인하였다.

보다 섬세한 지향성이 요구되는 관측을 위해서는 망원경의 화상을 직접 볼 수 있어야 한다. 현 단계에서는 실현되지 않았지만 CCD 카메라가 도입되는 대로 추적용 망원경의 촛점에 CCD 소자를 부착하여 망원경의 시야를 직접 확인할 수 있도록 할 예정이다. 장시간 노출이 필요한 경우에는 이 CCD 화면을 이용해 관측자가 직접 추적을 감시할 수 있을 뿐더러 망원경의 스위치와 연동시켜 자동 추적도 가능해질 수 있도록 할 예정이다.

2. 신뢰성

망원경의 기계적 한계는 가리키는 방향의 천정 거리가 어느 정도 이상이 되지 않도록 프로그램화 시킴으로써 성취할 수 있다. 그러나 만약 항성시의 계산이 잘못 될 경우 천정 거리 계산에 오차가 생겨 소프트웨어만으로 완벽하게 기자재를 보호하기는 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 독립적으로 운용되는 두 개 이상의 시계를 번갈아 가며 감시하여 두 시계가 가리키는 시간의 오차가 어느 정도 이상이 되면 작동 자체를 멈추게 하는 방법을 택하여야 할 것이다. 그러나 한정된 예산으로 요구되는 신뢰도를 구축하기 고정밀도의 항성 시계와 비교적 정밀도가 떨어지는 항성 시계를 만들어 주기적인 비교를 함으로써 위험을 무시할 수 있는 수준으로 낮출 수 있을 것으로 판단되어 이 방법을 사용할 계획이다. 즉 천정 거리의 오차는 항성시의 오차가 수 분 정도일 경우 무시할 수 있기 때문에 정확도가 떨어지는 시계는 단지 대략의 시간을 측정하는 정도로 충분한 보호 기능을 발휘할 수 있는 것이다.

현재 컴퓨터의 내장 시계를 이용하여 구하는 항성시는 하루 관측에도 수 분 정도까지 오차가 있음을 발견하였다. 이는 컴퓨터의 인터럽트가 걸릴 때마다 내장 시계가 멈춤으로 인해 나타나는 현상으로 판단되어 내장 시계를 사용하는 경우 천문 관측에 요구되는 정확도를 유지하기 힘든 것이다. 따라서 실제 관측을 위해서는 정확한 항성 시계의 제작이 필수적이며, 이 시계는 GP-IB 를 통해 컴퓨터와 연결시킬 예정이다.

원격 무인 관측을 하려면 천문대 외부의 기상 및 대기 상태를 추적할 수 있어야 할 것이다. 현재로서는 온도와 습도를 감지할 수 있는 장치만 개발이 되어 있는 상태이나 특히 중요한 강우 여부를 감지할 수 있는 장비를 제작하여 비가 오는 동안 돔의 문을 여는 일이 없도록 할 것이다.

3. 유연성

컴퓨터에 의한 조작은 편리한 점도 있으나 프로그램이 예측하지 못한 상황이 나타났을 때 이로부터 정상 상태로 복원시키는 것이 대단히 불편하다. 예를 들어 관측 도중 어느 한 부분이 잘못되어 다시 처음부터 관측을 시작하려고 하면 프로그램 실행을 처음부터 다시 시작하여야 하는 경우도 종종 있다. 따라서 관측을 중지하고 새로 시작해야 하는 상황이 발생하더라도 프로그램을 중지시키지 않고 정상 기능을 회복할 수 있도록 해야 할 것이다.

유연성을 갖는 소프트웨어는 결국 실제 상황에 반복적으로 적용함으로써 나타나는 문젯점들을 해결함으로써 만들어질 수 있다. 따라서 다음 연구에는 현재까지 만들어진 장비와 소프트웨어를 이용한 천문 관측을 진행함으로써 사용이 편리한 자동 관측 시스템을 구축하려고 하고 있다.

4. 원격 제어

원격 제어 소프트웨어는 아직 초보 단계에 있다. 원격 제어를 신뢰성 있게 행하려면 우선 장비와 소프트웨어가 위에 밝힌 모든 요소를 만족하여야 한다. 게다가 관측 상황을 원격지에서도 충분히 인식할 수 있을 정도의 정보가 항상 전송되어야 한다. 그러나 공중 통신망을 이용한 정보 통신 속도는 한계가 있기 때문에 (2400 bps 정도의 전송 속도에서 쓸 수 있도록 함) 효율적인 정보 통신이 대단히 중요하다고 하겠다. 특히 우리는 추적용 망원경의 시야를 수 초마다 한 번 정도씩이라도 전송을 하여 관측 대상을 정확히 추적하고 있는 지를 관측자가 계속 감시할 수 있도록 할 예정이다.

본 연구는 한국 과학재단의 목적 기초 연구 과제로 (과제 번호: KOSEF 90-08-00-03) 수행되었다.

참 고 문 헌

- 강용우, 1990, '소형 망원경을 위한 간이 측광기의 제작', 석사 학위 논문, 부산 대학교.
 강용우, 이형목, 윤갑수, 1991, '천체 망원경의 자동화 I.' 기본 설계와 하드웨어의 제작.', 천문학 논총, 6, 62.
 나일성 외, 1989, '소 중 대형 망원경을 위한 광전 관측 기술 개발 (I)', 과학기술처 연구 보고서.

- 박정일, 이강욱 편저, 1986, '마이크로 컴퓨터 인터페이스', 방한 출판사.
- 안홍배, 최광선, 1981, '부산 대학교 천문대의 절대 좌표 측정', 부산 대학교 자연과학 논문집
- 이영돈 편역, 1989, 'IBM PC 하드웨어 종합 분석', 성안당
- 이서우 1985, '천문 관측과 분석', 민음사.
- 이준구 편역, 1989, 'Turbo C Reference Manual', 크라운 출판사.
- Henden, A. A., and Kaitchuck, R. H., 1982, 'Astronomical Photometry', Van Nostrand Reinhold Co.
- Troublehood, M., and Genet, R., 1985, 'Microcomputer Control of Telescopes', William-Bell, Inc.