



천체 망원경의 자동화

- 1. 컴퓨터 제어와 자동 관측을 위한 기본 설계 및 하드웨어의 제작

저자 (Authors)	강용우, 이형목, 윤갑수
출처 (Source)	천문학회지 6(1) , 1991.12, 62-75 (14 pages) Publications of The Korean Astronomical Society 6(1) , 1991.12, 62-75 (14 pages)
발행처 (Publisher)	한국천문학회 The Korean Astronomical Society
URL	http://www.dbpia.co.kr/Article/NODE01851009
APA Style	강용우, 이형목, 윤갑수 (1991). 천체 망원경의 자동화. 천문학회지, 6(1), 62-75.
이용정보 (Accessed)	경기과학기술대학교 211.114.***.173 2019/04/17 12:30 (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 :

I. 컴퓨터 제어와 자동 관측을 위한 기본 설계 및 하드웨어의 제작*

강 용 우 · 이 형 목 · 윤 갑 수
부산대학교 지구과학과
(1991. 12. 11 접수)

Abstract

The small sized telescope can be best used if the control and observation can be made remotely and fully automatically by the aid of computers. We discuss the possible ways of automating the existing telescopes of various designs using personal computers. We have specifically designed the parts necessary to automate 16 inch Cassegrain Telescope at Pusan University Observatory. The degree of automation we have set for the present work is the interactive, remote observation including opening and shutting down of dome slit. The observational modes we have in mind are photoelectric photometry and CCD imaging. The basic components of the hardware are interface card for 16 or 32 bit IBM PC family of computers, relay switches for the control of telescope movements, stepping motor controller card for the control of observational equipments, and A/D converter unit that accepts signal from sensors for the environment conditions such as temperature, wind speeds, precipitation, etc. We also have designed and built a photoelectric photometer that can be fully controlled by the command of a computer. Such observational equipment is also essential in order that the remote observation can be realized.

I. 서 론

소형 천체 망원경들은 주로 광전 측광에 많이 사용되고 있으나 최근들어 CCD 등 고감도 관측 장비가 개발됨에 따라 CCD를 이용한 측광이나 화상 관측 등 보다 폭넓은 분야에서 다시 활용이 되고 있는 추세이다. 또한 개인용 컴퓨터를 비롯한 컴퓨터의 가격 인하와 디지털 회로의 집적화에 힘입어 많은 실험이나 관측 장비를 비교적 적은 비용으로 자동화시킬 수 있게 되었다. 특히 최근에는 천문대에 사람이 상주하지 않고 컴퓨터 프로그램에 의해 관측이 자동으로 수행되는 무인 망원경의 제작도 이미 선진 외국에서는 많이 진행되고

* 본 연구는 과학 재단의 목적 기초 연구비 지원에 의해 이루어진 것임.

있는 상황이다. 이러한 무인 망원경은 특수한 관측을 위해 제작되는 것이 많다. 초신성을 찾기 위해 하늘을 연속적으로 감시하는 망원경들이 그 예이다. 그러나 자동화된 망원경은 광전 측광이나 CCD 관측 등 일반적인 관측을 수행하는 데도 효율을 높일 수 있다.

국내에는 이미 십여 개의 소형 망원경 (대개 직경 100cm 이하를 지칭함)이 대학과 기타 교육 기관에 보급되어 있다 (나일성 외, 1989). 이 망원경들은 컴퓨터 기술이 발달되기 훨씬 전에 제작되었거나 자동 조종을 위한 부품이 값비싼 선택 사양으로 되어 있어 거의 제외된 채 수입되어 있는 상태이다.

국내의 망원경들은 일부를 제외하고는 대개 대학 캠퍼스나 대도시 주변에 위치하고 있어 관측을 위한 장거리의 여행은 필요로 하지 않으나, 여전히 관측자가 직접 천문대에 가지 않고 관측 여건이 마련될 때 손쉽게 관측을 할 수 있다면, 비용이나 시간을 절약할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 수동 조작이 되게 되어 있는 기존의 망원경을 컴퓨터의 명령을 통해 원하는 위치로 이동시키고 관측의 수행과 자료 입력, 관측하는 동안 망원경의 추적 등을 일관되게 제어할 수 있는 장치와 기술을 개발하는 것이다. 이러한 일이 가능해지면 망원경이 위치해 있는 천문대에 직접 가지 않고도 컴퓨터 통신을 이용해 원격 관측도 가능하게 된다.

자동화의 정도는 여러가지로 설정할 수 있다. 예를 들어 천문대에는 관측을 도와주는 오퍼레이터가 상주하고 있어 관측 개시 및 종료에 따른 제반 정리 작업은 수동으로 하는 방법이 있을 수 있는 반면 돔의 개폐 등까지 자동화할 수도 있을 것이다. 물론 이렇게 되면 천문대에는 관리자 이외에 관측을 도와주는 인력은 필요 없게 되며 충분한 소프트웨어만 마련된다면 관측자의 명령에 의하지 않고도 미리 주어진 순서에 따라 관측이 수행되어 망원경의 효율을 극대화시킬 수 있는 단계까지 끌어 올릴 수도 있을 것이다.

천체 망원경의 자동화는 대형 망원경의 경우에는 이미 구입시부터 이루어져 있는 상태이다. 그러나 소형 망원경의 경우는 보통 사용자가 자기들의 목적에 맞추어 설계 제작하여 사용하는 것이 통례이다. 본 연구에서는 국내에서 아직 자동화를 본격적으로 추진한 예가 없다는 점을 감안하여 가능한 한 간단한 방법을 통해 부산 대학교에 설치 되어 있는 40cm 카세그레인 망원경을 (자동 조정 장치는 선택 사양으로 도입 되지 않았음) 관측자가 컴퓨터의 입력을 통해 제어할 수 있도록 한 후 이를 컴퓨터 통신을 이용해 멀리 떨어져 있는 컴퓨터로 원격 조종이 가능케 하는 기술을 개발하려는 것이다.

본 연구에서는 주로 이러한 자동화의 여러가지 방법을 비교하여 구체적인 회로의 설계와 실험적인 하드웨어의 제작, 그리고 이들을 제어할 수 있는 초보적인 소프트웨어를 작성해 이들이 실제로 망원경을 자동화하는 데 직접 사용될 수 있는 기초를 마련하였다.

실제 관측은 망원경 뿐 아니라 관측 장비까지 자동화되었을 때 가능하게 된다. 따라서 본 연구에서는 자동 관측이 가능한 광전 측광기도 아울러 설계 제작하여 관측에 직접 응용할 수 있도록 하였다. 본 논문은 다음과 같은 순서로 쓰여졌다. 우선 제Ⅱ절에서는 자동화의 범위 및 기본 설계 방침에 대하여 기술하고, 제Ⅲ절과 제Ⅳ절에서는 전체 구성의 개요 및 각 구성 성분에 대한 자세한 설명을 한다. 제Ⅴ절에서는 자동 관측이 가능한 광전 측광기의 설계와 제작에 대한 기술이고, Ⅵ절에서는 앞으로의 과제와 소프트웨어의 작성 방침 등에 대한 논의를 하게 된다.

II. 자동화의 범위 및 기본 설계 방침

이미 밝힌 바와 같이 본 연구에서는 우선 컴퓨터의 명령에 의해 모든 부분이 구동되게 하여 자동 관측의 기반을 조성하는 것이 주 목적이다. 이 정도의 자동화를 수행 하기 위해서 본 연구에서 추진하는 구체적인 사항들을 열거하면 다음과 같다.

- (1) 컴퓨터의 입력에 의한 망원경의 자동 구동장치 제작과 관련 소프트웨어 작성
- (2) 망원경이 원하는 위치를 유지할 수 있도록 하는 추적장치의 감시
- (3) 외부의 온도 및 습도 등 관측에 직접적인 영향을 미치는 인자들에 대한 감시
- (4) 수동 구동 부분이 전혀 없는 관측 장비의 설계와 제작
- (5) 관측 장비의 조종 및 관측 자료의 입력과 보관 소프트웨어 작성
- (6) 돔 회전이 망원경의 위치와 자동적으로 맞도록 하는 자동 구동장치와 관련 소프트웨어 작성

이러한 기능을 가지는 각종 요소들을 설계하는 데 있어서 염두에 두고 추진한 점은 가능한 한 주요 부품이 국내에서 조달될 수 있어야 한다는 것이다. 그렇지 않을 경우 차후 유지와 보수에 어려움을 겪게 되기 때문이다.

망원경에 직접 부착되어 자동 구동을 담당하는 컴퓨터로는 국내에 널리 보급되어 있고 구체적인 사양이 이미 잘 알려진 16 비트 IBM 호환의 개인용 컴퓨터를 택하였다(PC/AT). 그러나 이를 원격 제어하고 관측 자료를 처리하는 컴퓨터는 충분한 속도와 저장 능력, 그리고 다중 처리가 가능한 기종을 택하는 것도 바람직하다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 32비트 CPU인 INTEL 80386을 내장하고 있는 컴퓨터에서 사용할 수 있는 하드웨어에 대한 검토도 병행하였다.

본 연구에서 추진하는 망원경 자동화의 전체적인 개요는 그림 1에 요약되어 있다. 여기에서 망원경 구동용 컴퓨터는 이 그림에 표시된 5개의 주요 부분을 관장하며 추후 CCD 관측이 본격적으로 이루어질 경우에는 빠른 연산 능력과 그래픽 처리 기능을 가진 화상 처리용 컴퓨터를 GP-IB 또는 Ethernet으로 연결하여 고속으로 관측 화상을 전송 받아 처리할 수 있도록 한 것으로 이번 연구에서는 현실화되지 않았다. 이 컴퓨터는 망원경 구동을 위한 컴퓨터와는 다른 구조를 가진 것이라도 무방할 것이다. 또한 원격 조종용 컴퓨터는 실제로 단말기로서만의 기능만이 필요한 것으로 예상하였다. 원격 관측은 다음의 과제로서 역시 본 연구에서는 현실화되지는 않았다. 본 연구에서 중점적으로 개발한 것은 망원경의 구동과 제어, 그리고 관측 장비의 제어를 위한 하드웨어와 기본적인 소프트웨어 등이다. 실제 관측을 위한 그 밖의 요소들인 관측 자료 수집 및 저장, 원격 관측 시스템, 그리고 이들을 관장하는 전체적인 소프트웨어 등은 다음 과제로 수행하고 있으며 추후 발표할 예정이다. 각 구성 요소가 필요로 하는 기능은 다음과 같다.

망원경 구동용 컴퓨터는 수시로 주변 환경을 검출하여 필요시 관측 자료와 함께 그 결과를 수록할 수 있도록 준비한다. 망원경의 구동은 사용자가 좌표를 입력하고 그 위치를 찾도록 하는 명령에 의해 현재 망원경이 가리키고 있는 위치와 비교하여 적경, 적위 스위치를 동시에 작동시켜 원하는 위치로 움직이게 한다. 망원경이 주어진 좌표를 찾아가면 추적

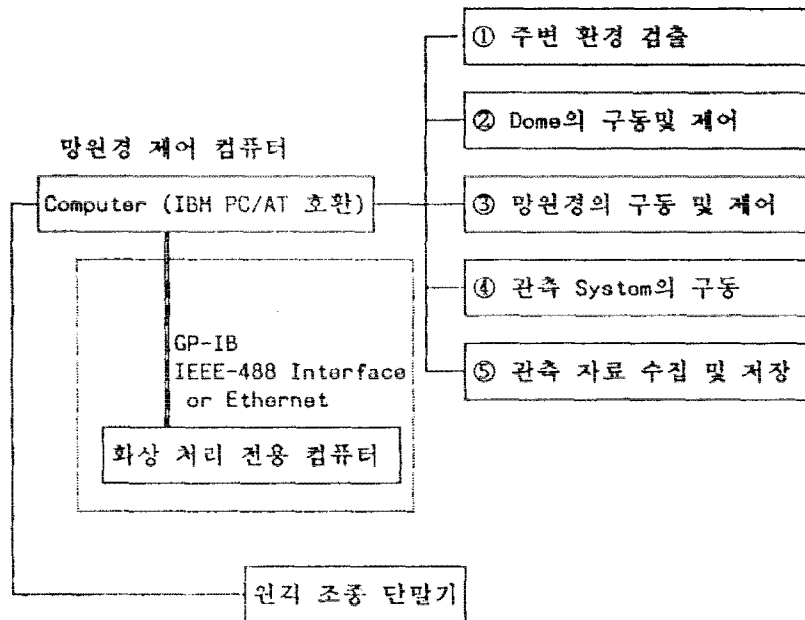


그림 1. 자동화된 천문대의 개요도

용 망원경 (Guiding Telescope)에 부착된 CCD를 통해 들어온 화면과 관측하려는 대상과 일치하는지를 확인하고 미세 조정은 컴퓨터의 키보드에 있는 화살표를 이용하여 망원경을 천천히 움직이도록 한다.

망원경의 구동에 따라 돔의 slit 위치도 같이 움직이는 기능은 소프트웨어로서 부여하여 관측자가 돔의 위치를 일일이 확인하고 움직여주는 번거로움을 덜도록 한다.

관측 장비의 구동은 어떠한 관측을 실시하는가에 따라 달라질 수 있을 것이다. 본 연구에서는 우선 자동 조종이 가능한 광진 측광기를 제작하고 이의 제어에 관한 연구에 주력하였다. 광진 측광 시스템의 경우에는 기존의 수동 조작용 측광기와 같은 크기이며 자동 제어가 가능한 측광기를 직접 제작 시험하였으며 이에 대한 자세한 기술은 V절에 되어 있다.

원격 조종에 의한 관측에는 크게 두가지 측면이 고려되어야 한다. 하나는 원격 조종용 컴퓨터에 의한 망원경 제어용 컴퓨터의 제어이고 또 하나는 관측이 제대로 수행되고 있는지를 확인할 수 있는 방법이다. 단순한 컴퓨터 명령의 전달은 비교적 전송 속도가 느린 통신선로 (즉 2,400 bps 정도)를 통해서도 충분히 가능하다. 그러나 관측을 통제하기 위해서는 망원경이 관측 대상을 제대로 찾았는지와 관측하는 동안 추적을 정확히 하고 있는지에 대한 감사가 필요하고 이를 위해서는 추적용 망원경의 시야 또는 주 망원경의 시야중 관측을 위해 사용되고 있지 않은 부분의 화상을 원격 조종 컴퓨터로 전달해 주어야 할 필요가 있다.

화상 file은 그 시야가 작다 하더라도 대단히 많은 양의 정보를 포함하고 있어 느린 통신선로를 이용할 경우 전송에 너무 시간이 많이 걸린다. 이러한 점을 해결하여야만 원격 조종에 의한 관측이 용이하게 이루어질 수 있을 것이다. 이에 대한 보다 구체적인 논의는 제

V절에서 다룬다.

Ⅲ. 망원경과 구동 주변 장치의 구동

망원경을 자동으로 구동하기 위해서는 망원경에 부착 되어 있는 Encoder로부터 나오는 펄스로 좌표를 인식하여, 망원경에 부착된 구동 모터를 작동시켜 원하는 위치로 주어진 각도 만큼 움직이게 하는 명령을 내리고 이를 수행케하면 될 것이다. 제작하고자 하는 망원경 구동 부분의 전체 구성은 다음의 그림 2와 같다.

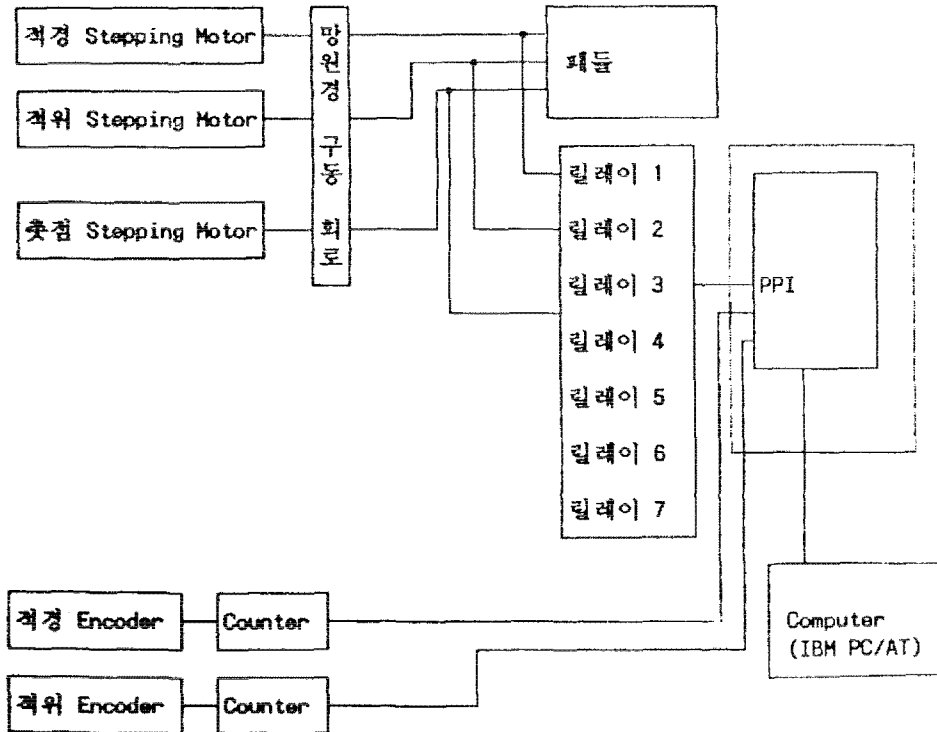


그림 2. 망원경 구동 장치

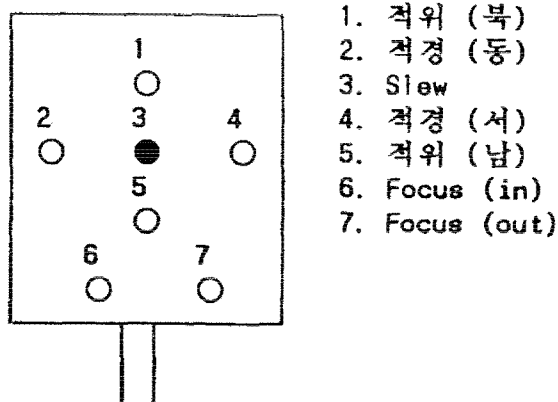


그림 3. 망원경 조작용 패들

본 연구에서는 망원경 구동 모터의 종류에 관계 없이, 작동을 제어할 수 있는 방법을 택하였다. 즉 일반적으로 망원경을 수동으로 조작할 경우 다음 그림 3에 보인 것과 같은 Paddle을 이용하는 데 이 패들 스위치와 병렬로 연결된 릴레이 스위치를 컴퓨터로 작동시킴으로써 망원경을 조작하도록 하는 것이다. 이 패들 스위치에는 보는 바와 같이 전체 7개의 누름 스위치를 포함하고 있다.

각 스위치의 조작을 통해 망원경은 원하는 방향으로 움직이며 빠른 속도로 움직이기 원할 경우에는 3번의 Slew 스위치와 함께 작동 시키면 된다. 따라서 망원경의 구동을 컴퓨터로 조작하기 위해서는 그림 2에 보인 바와 같이 패들 스위치와 병렬로 연결된 릴레이 스위치를 만들어 부착하면 될 것이다.

망원경을 움직여 주어진 좌표를 향하게 하기 위해서는 망원경이 움직이는 동안 끊임 없이 좌표를 추적할 수 있어야 한다. 또 망원경 패들 스위치를 정교하게 작동 시킨다 하더라도 보통 망원경의 운동의 관성 때문에 정확한 위치에 한 번에 고정시키기는 힘들다. 따라서 정확한 위치로 보내기 위해서는 몇 번의 축차 근사적 작동이 필요하게 된다.

여기서 릴레이 스위치를 작동시키는 방법은 여러가지가 있을 것이나 본 연구에서는 최근 자동 제어 장치에서 많이 사용되고 있는 PIO(Peripheral Input Output Unit)라는 모듈을 이용하여 구성하였다.

그림 2의 점선 안에 표시되어 있는 PIO는 컴퓨터의 프로그램을 이용하여 주변의 기기를 제어할 수 있는 장비로서 8255라는 칩과 이를 컴퓨터가 인식할 수 있게 하는 Address Decoder를 결합하여 간단히 제작할 수 있다. 여기서는 IBM PC/AT를 사용하였기에 AT의 I/O Address 중 미사용 영역을 찾아(이영돈, 1989) 그 값으로 Address Decoder의 스위치를 조정하였다. PIO는 망원경의 구동을 위한 릴레이의 작동과 주변환경의 검출, 그리고 Encoder에서 나오는 펄스를 세는 계수기에도 연결되어 좌표를 인식하게 하는 데도 사용하게 된다. PIO의 주요 역할을 담당하는 8255 칩의 핀 구조는 다음의 그림 4(김용득, 1988; 박정일 외, 1986)에 표시되어 있다.

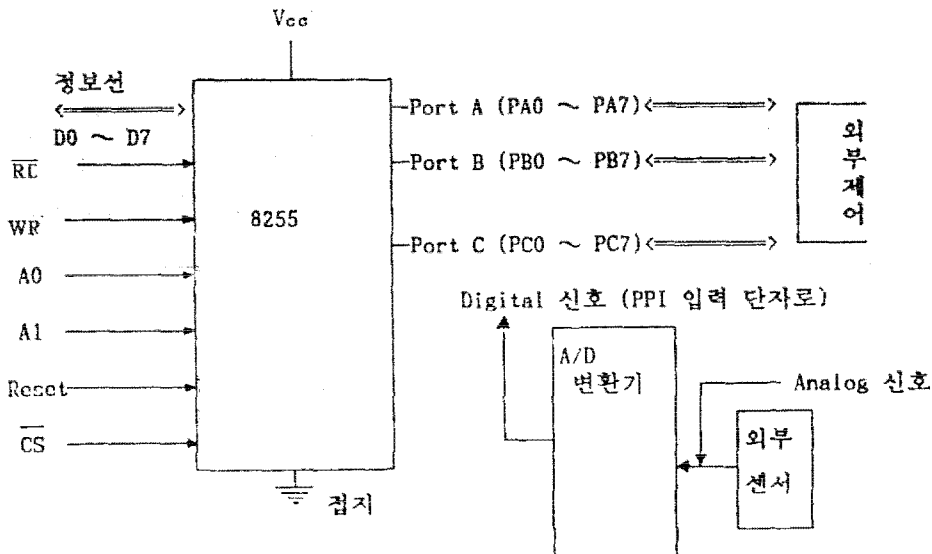


그림 4. PPI 8255A의 핀 구조

표 1. PPI 8255의 기본 동작 일람표

A1	A0	\overline{RD}	\overline{WR}	\overline{CS}	설	명	주
0	0	0	1	0	Port A \Rightarrow 정보선		읽기 동작
0	1	0	1	0	Port B \Rightarrow 정보선		
1	0	0	1	0	Port C \Rightarrow 정보선		
0	0	1	0	0	정보선 \Rightarrow Port A		쓰기 동작
0	1	1	0	0	정보선 \Rightarrow Port B		
1	0	1	0	0	정보선 \Rightarrow Port C		
1	1	1	0	0	정보선 \Rightarrow Command Register(CR)		
×	×	×	×	1	정보선 \Rightarrow 3- 상태		정보선의 3- 상태
1	1	0	1	0	사용할 수 없음		
×	×	1	1	0	정보선 \Rightarrow 3- 상태		

이 그림에서 볼 수 있듯이 8255칩 하나는 정보선을 통해 컴퓨터와 연결되어 있으며 세 개의 포트가 있어 여러가지 역할을 수행할 수 있다. 이 때 모드는 \overline{RD} , \overline{WR} , A0, A1, 그리고 \overline{CS} 포트의 상태에 의해 결정되며 명령이나 세 포트에서 들어오는 입력은 8비트짜리 (D0~D7) 정보선을 통해 전달된다. 이러한 동작 모드를 설정하는 제어형식(CW: Control Word)과 내부 Register 주소, 그리고 그에 따른 동작은 다음의 표 1에 요약되어 있다.

따라서 PIO를 이용하면 컴퓨터로부터의 명령을 주변 기기에 전달해주고 또 주변 환경에 관한 정보를 컴퓨터에 입력시킬 수 있다.

망원경 구동을 위한 릴레이는 그림 2에서 보는 바와 같이 7개가 필요하다. 그 밖에도 돔의 좌우 회전과 정지를 위한 3개의 릴레이, 돔의 개폐를 위한 또 다른 두개의 릴레이를 작동시켜야 하므로 전체 12개의 릴레이 구동이 필요하다. 그러나 입력과 출력을 위한 A, B, C 세 개의 포트는 각각 8비트이므로 최소한 두 개의 포트를 사용하여야 망원경 및 돔의 구동을 담당할 수 있다. 본 연구에서는 우선 릴레이를 구동하여 망원경을 제어하기 위한 TEST로 두개의 PIO를 제작하여 IBM 호환 기종 컴퓨터의 16비트 확장 슬롯에 사용할 수 있도록 제작하였다.

릴레이의 개략적 구동 회로는 그림 5에 나타나 있다. 이 예에서는 Port A의 첫번째 비트(PA0)가 on되면 기기 작동을 위한 릴레이 스위치가 on이 된다. 릴레이의 작동을 위해서는 컴퓨터에서 나오는 전원으로는 충분한 힘을 제공하지 못하기 때문에 외부에서 주어지

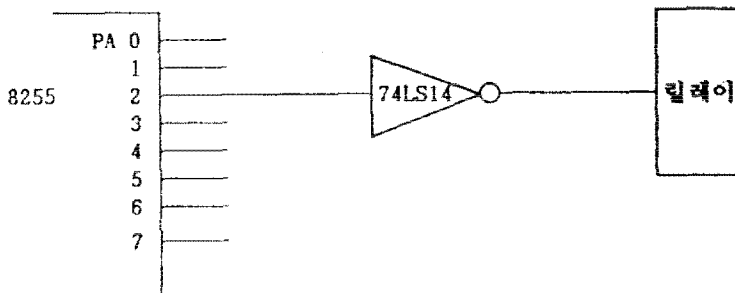


그림 5. 릴레이 구동 회로

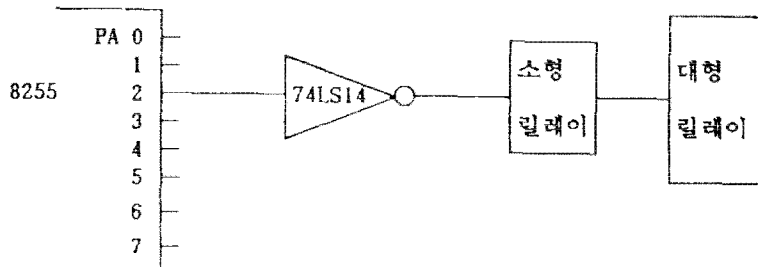


그림 6. 대용량 릴레이 구동 회로

는 전압 +V가 Push Volt로 사용되고 있다. 또 이러한 외부 전원이 미세한 전류로 작동되는 컴퓨터로 역류하는 것을 막기 위하여 diode가 사용되어야 함을 밝혀 둔다.

릴레이들 중 망원경 조작용 모터를 위한 것들은 용량이 작은 것으로 충분하나 돔의 개폐와 회전을 위한 것들은 입력 전압이 대단히 높으므로 특히 역류 등의 현상에 대하여 세심한 배려를 해야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 다음과 같은 회로를 채택하였다. 컴퓨터로 소형 릴레이를 구동하여 대용량 릴레이회로의 개폐를 제어하고, 대용량 릴레이가 돔의 개폐와 회전을 제어하게 하는 것인데, 각 릴레이마다 역전류를 막기 위해 diode를 사용하고, 접지에 잠음전류를 줄이기 위해 콘덴서를 부가한 것으로 회로 실험 중이다(그림 6).

컴퓨터를 통해 명령을 보내기 위한 언어로는 Basic을 사용하였고, 간단한 동작 명령을 보내주는 프로그램 예가 표 2에 주어져 있다. 물론 실제 컴퓨터의 구동을 위한 소프트웨어는 타기종에의 이식이 용이하고 속도가 빠른 C언어로 작성될 예정이며 부분적으로는 Assembler

표 2. PIO Card 테스트 프로그램 : TEST1. BAS

```

000 REM ' 릴레이에 의한 망원경 구동 테스트
010 CON=&H3EB:PA=&H3E8:PB=&H3E9:PC=&H3EA 각 register의 Address 지정
020 OUT CON,&H88 8255 MODE SET (A,B:OUTPUT, C:INPUT)
030 OUT PA,0:OUT PB,0:OUT PC,0 PORT A,B,C 초기화
040 INPUT "RA(<,>) DEC(+,-) FOCUS(I/O)": 망원경 구동 선택
    "END(Q)":A$
050 IF A$="Q" OR A$="q" THEN OUT PA,0:END
060 IF A$="I" THEN OUT PA,32:GOTO 40
070 IF A$="O" THEN OUT PA,64:GOTO 40
080 INPUT "SLEW (Y/N) "=:B$
090 OUT PA,0:FOR I=1 TO 1000: NEXT 지연
100 IF B$="Y" THEN GOTO 160
110 IF A$="<" THEN OUT PA,1:GOTO 40 적경 미동
120 IF A$=">" THEN OUT PA,2:GOTO 40
130 IF A$="+" THEN OUT PA,4:GOTO 40 적위 미동
140 IF A$="-" THEN OUT PA,8:GOTO 40
150 GO TO 30
160 IF A$="<" THEN OUT PA,17:GOTO 40 적경 조동
170 IF A$=">" THEN OUT PA,18:GOTO 40
180 IF A$="+" THEN OUT PA,20:GOTO 40 적위 조동
190 IF A$="-" THEN OUT PA,24:GOTO 40
200 GOTO 30

```

가 띄어질 것이다. 그러나 본 실험은 하드웨어의 작동 여부를 확인하기 위한 것으로 그 속도는 떨어지나 편리성이 뛰어난 Basic을 사용하였다.

이 프로그램은, Port A와 B는 출력으로 Port C는 입력 모드로 하여, Port A에 어떠한 값을 지정해주는 간단한 프로그램이다. 문번호 040에서 구동하고자 하는 동작을 선택하면, 해당되는 문번호로 분기한 후, Port A에 신호를 보내고, 해당되는 릴레이를 동작시켜 망원경을 구동하게 된다.

IV. 망원경 좌표 입력

망원경의 좌표를 정하기 위해서는 망원경의 적경 및 적위 기어가 돌아감에 따라 펄스를 내는 Encoder를 이용하는 것이 보통이다. 부산대학교 망원경에는 이미 Encoder가 부착되어 있고 그 결과가 조종판(Control Panel)의 좌표 표시판에 나타나게 되어 있다. 따라서 원리적으로는 조종판으로 나오는 입력을 컴퓨터로 보내 주는 것으로 좌표의 확인이 이루어질 수는 있다. 그러나 이 망원경과 함께 들어온 관계 자료에는 구체적인 회로 등이 없기 때문에 직접 컴퓨터로 좌표를 입력시키는 것은 대단히 어려운 일이다. 그 대신 본 연구에서는 망원경에 부착되어 있는 Encoder는 그대로 사용하되 그 출력을 이용하여 망원경 구동용 컴퓨터에서 좌표를 계산할 수 있는 장비를 설계 제작하고자 한다. 만약 Encoder가 없는 망원경의 경우에는 이 부품을 구입하여 부착하는 것이 가장 손쉬운 방법이라고 생각된다.

망원경에 부착된 Encoder는 망원경이 각도로 1초 움직일 때마다 하나의 펄스를 낸다. 이 펄스를 셈으로써 망원경이 가리키는 위치를 측정할 수 있다. 따라서 펄스 계수기 두 개를 (적경, 적위용 각 1개씩) 컴퓨터의 16비트 슬롯에 맞게 설계하여 사용토록 하였다.

펄스 계수기 하나가 셀 수 있는 펄스의 갯수는 계수기의 비트수에 의해 결정된다. 즉 16비트 계수기는 $2^{16}-1=65,535$, 32비트 계수기는 $2^{32}-1=3,398,967,295$ 개의 펄스를 셀 수 있다. 천구의 적경은 $360^\circ=1,296,000''$ 의 범위에서 움직이고 적위는 $180^\circ=648,000''$ 의 범

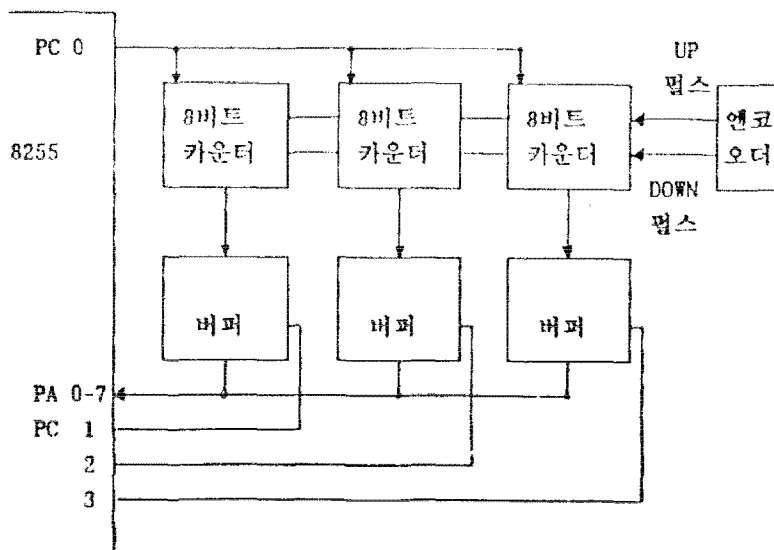


그림 7. 24비트 카운터 회로

위에서 움직이므로 계수기는 적어도 20 비트 이상이어야 한다. 본 연구에서는 24 비트의 계수기를 제작하여 망원경의 좌표를 결정하는 데 사용하기로 한다.

펄스 계수기는 이미 기본적인 계수 기능을 가진 상용의 소자들을 구할 수 있으므로 이들을 이용하여 간단히 제작할 수 있다. 이러한 소자들은 보통 4비트 또는 8비트의 계수 기능을 가지고 있으며 본 연구에서는 8비트 계수기를 세 개 병렬로 연결하여 24 비트 카운터를 제작하였다. 이러한 계수기의 기본 회로는 그림 7에 나타나 있다.

망원경에 부착되어 있는 Encoder는 시계 방향으로 회전할 때와 시계 반대 방향으로 회전할 때 펄스를 다른 단자를 통해 내보내게 되어 있다. 따라서 시계 방향으로 회전하는 것이 좌표 값을 증가시킨다면 시계 반대 방향으로 회전할 때는 좌표값을 감소시킬 것이다. 펄스 계수기에도 역시 입력 단자가 두 개 있어 한 쪽으로 펄스가 들어오면 한 숫자씩 더해지고 다른 입력 단자를 통해 펄스가 들어오면 한 숫자씩 빼지게 설계되어 있다. 그림 7에 보여진 회로는 이러한 기능을 가지고 있으며 Up-Down Counter라 부른다. 이 Up-Down 계수기는 8255의 PC0 선을 통해 계수기를 초기화하고 계수기가 계수를 시작하면 그 결과를 버퍼에 넣고 PC1-3선의 제어에 따라 DATA 버스로 계수값을 내 보낸다. 표 3은 이렇게 제작된 계수기로 Encoder 신호를 검출하는 테스트 프로그램이다. 이 프로그램은 Port A와 Port B는 입력, Port C는 출력으로 하여 Port C로 제어하기 위한 DATA를 내 보내고, Port A와 Port B로 입력을 받는 동작을 한다. 즉, 각각의 8비트 카운터에서 나온 DATA를 각각의 버퍼에 넣고, 이를 순차적으로 Port A와 Port B로 받아 컴퓨터로 입력되게 하는 것이다.

표 8. 계수기 테스트 프로그램 TEST2.BAS

```
010 REM ' 24비트 계수기에 의한 Encoder 신호 검출 테스트
020 CON=&H3EAB:PA=&H3AC:PB=&H3AD:PC=&H3AE   각 register의 Address 지정
030 OUT CON,&H82                               8255 MODE SET (A,B:INPUT,C:OUTPUT)
040 OUT PC,&H02:X1=INP(PA)                     하위 8비트 (적경 신호)
050 OUT PC,&H04:X2=INP(PA)                     중간 8비트
060 OUT PC,&H08:X3=INP(PA)                     상위 8비트
070 X = X1 + (X2*256) + (X3*256*256)
080 OUT PC,&H20:Y1=INP(PB)                     하위 8비트 (적위 신호)
090 OUT PC,&H40:Y2=INP(PB)                     중간 8비트
100 OUT PC,&H80:Y3=INP(PB)                     상위 8비트
110 Y = Y1 + (Y2*256) + (Y3*256*256)
120 PRINT "RA(count)=";X;TAB(20);"DEC(count)=";Y
130 AS = INKEY$
140 IF AS="" THEN OUT PC,0:END
150 GOTO 40
```

V. 관측 시스템의 자동화와 자동 관측용 광전 측광기의 제작

망원경의 구동이 자동화된다고 하더라도 실제 관측 기기의 조작이 수동으로만 작동된다면 원격 관측은 이루어질 수 없다. 관측 방법에는 여러가지가 있어 경우에 따라서는 완전한 자동 조작이 힘든 것들도 있다. 예를 들어 사진을 찍는 경우에는 건판을 부착하고 메

고 하는 작업을 자동화한다는 것은 상당히 어려운 일이다. 그러나 최근에 이르러 관측 장비들이 대부분 광전 증배관이나 반도체 소자 등을 이용하기 때문에 자동 조작이 비교적 쉽게 이루어질 수 있게 되어 있다. 본 연구의 주요 목적은 이러한 관측 장비의 자동화는 아니다. 그러나 실제 원격 조정 관측을 실시할 수 있어야 망원경의 자동화가 의미 있는 일이므로 자동 조작이 비교적 용이한 광전 측정기를 직접 제작하여 관측에 응용시켜 보고자 한다.

본 연구에서 제작하게 될 광전 측광기의 기본 골격은 SPARTAN사의 기존의 수동조작용 Photometer와 같은 규격으로 하고 수동 구동 부분만 자동화하도록 설계하였다. 이 측광기에서는 Filter Wheel과 Diaphragm Wheel을 Stepping Motor로 제어하고 확인용 집안 렌즈로 보내 주는 거울의 조작은 DC Motor로 하게 되어 있다. 전체적인 회로 구성은 그림 8과 같다. 여기서 사용하는 Stepping Motor는 스텝당 1.8° 의 회전을 하므로 정확한 수치제어를 하기 위하여 Wheel에 구멍을 5개로 하였다. Interface 회로는 Stepping Motor 2개와 DC Motor하나를 제어 할 수 있도록 구성 되어 있고 DC Motor는 Photometer 내부의 Limit Switch가 범출 수 있도록 하였다. 필요한 모든 회로는 PC Slot 기관에 모두 모아서 제작을 하여 Photometer 내부는 단순하게 구성되어 있다. Housing은 전체적인 무게도 고려하여 알루미늄합금 5052를 사용하였는데 일반 알루미늄 보다는 견고하고 가공이 쉬운 편이다. 광전 측광기를 제작하는 데 또 하나의 어려운 점은 Dry Ice를 넣는 Cold Box이다. 본 연구에서는 이런 어려운 점을 해결하기 위해 암 전류가 대단히 낮은 Hamamatsu사의 Model R 1523-03 PM Tube를 채택하여 온도를 낮추지 않고도 좋은 측광이 이루어질 수 있도록 하였다. PM Tube에서 나오는 출력은 측광광전관 바로 옆에 붙어있는 Pre-amp로 보내져 약 5 Volt 정도의 전압을 가진 pulse로 만들어져 counter까지 가는 동안에 잡음이 들어갈 여지가 없게 하였다.

다음의 표 4는 광전 측광기의 다이아프램과 필터휠을 구동하기 위한 테스트 프로그램이다. PIO를 통해 스텝 모터 한개당 4비트를 할당하여, 스텝 모터 2개를 구동한다. 스텝 모

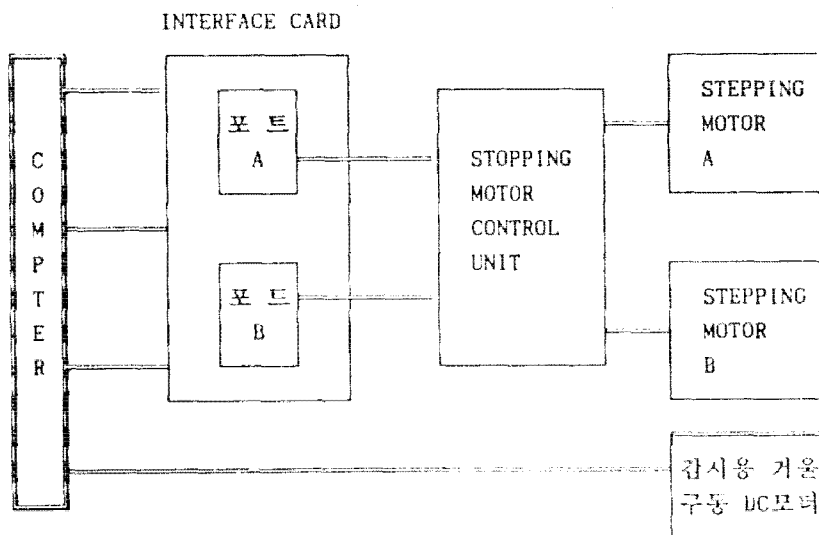


그림 8. Photometer 자동화 구성도

표 4. 측광기 구동 테스트 프로그램 : TEST3.BAS

```

000 DIM A(16)
010 REM ' A,B 스텝 모터 구동 테스트
020 CON=&H3AB:PA=&H3AC:PB=&H3AD:PC=&H3AE 각 resistor의 Address 지정
030 OUT CON,&H88 8255 MODE SET(A,B:INPUT C:OUTPUT)
040 OUT PA,0: N=500: M=3000
045 A(1)=1:A(2)=8:A(3)=2:A(4)=4:A(9)=16:A(10)=128:A(11)=32:A(12)=64
046 A(5)=2:A(6)=8:A(7)=1:A(8)=4:A(13)=32:A(14)=128:A(15)=16:A(16)=64
050 INPUT " MOTER SELECT (A,B) END(Q) =":A$
060 IF A$="Q" THEN OUT PA,0: END
080 INPUT " NORMAL, REVERSE(N,R) =":B$
100 FOR I=1 TO N: NEXT I
102 IF A$="A" AND B$="N" THEN E=A(1):D=1
104 IF A$="A" AND B$="R" THEN E=A(5):D=5
104 IF A$="B" AND B$="N" THEN E=A(9):D=9
104 IF A$="B" AND B$="R" THEN E=A(13):D=13
110 GOSUB 240
120 FOR K=1 TO 8:FOR J=D TO D+3
130 T=A(J):GOSUB 220
140 NEXT J:NEXT K
200 FOR I=1 TO M: NEXT I
210 GOTO 050
220 OUT PA,T:FOR I=1 TO N:NEXT I
230 RETURN
240 OUT PA,E:FOR I=1 TO M:NEXT I
250 RETURN

```

터의 구동은 4비트의 선을 통하여 순차적으로 펄스를 보냄으로써 이루어진다. 이 테스트 프로그램은 5개의 구멍을 가진 Wheel을 회전시켜, 각 구멍이 지정된 위치에 오게 한다.

원격 조종에 의한 광전 측광이나 CCD관측에서 모두 중요하고 해결하기 비교적 어려운 문제는 원하는 위치에 망원경이 제대로 있는지 어떻게 확인하느냐 하는 것이다. 본 연구에서는 기본적으로는 소형의 CCD(200×200pixel 정도) 소자를 추적용 망원경(Guiding Telescope)에 부착하여 이 화면을 관측자의 컴퓨터로 전송하여 관측자가 망원경에 가지 않고도 망원경에 들어오는 시야를 확인할 수 있도록 하는 방법을 강구하고 있다. 그러나 이미 본 논문의 첫부분에서 밝혔듯이 화상은 그것의 크기가 비교적 작다 하더라도 정보량이 많기 때문에 전송 속도가 대단히 빠르지 않으면 실용적이지 못하다는 단점을 가지고 있다.

CCD Frame 하나는 많은 정보량을 가지고 있는 것은 사실이지만 (200×200 CCD의 경우에 Pixel당 16 비트의 화면 깊이를 가질 경우 약 160KB의 정보량임) 그 정보의 대부분은 별이 없는 지역의 하늘 밝기(Sky Brightness) 또는 잡음이다. 게다가 단순히 별을 찾고 추적하기 위해서는 정교한 화상 정보를 모두 전송해 주어야 할 필요는 없다. 예를 들어 추적용 망원경에 들어온 별들의 위치와 대략의 밝기 정도만 전송한다면 별이 10개 정도 있을 경우 2 Byte×2 Byte의 정수로 좌표를, 4 Byte의 실수로 밝기를 표현한다고 할 때 80 Byte의 정보량밖에는 되지 않는다. 따라서 실제 보내져야 할 정보량은 그다지 많지 않기 때문

에 전송 속도가 느린 전화 통신을 통해서도 시야의 모양에 상관없이 정보의 전송이 가능할 것이다.

그러나 이 경우에는 망원경 구동용 컴퓨터 (즉 CCD 화상을 직접 받아들이는 컴퓨터)에서 화상을 빠른 속도로 “측광”을 하여야 한다. 일반적으로 천문 화상 처리용 소프트웨어에는 소위 Stellar Photometry를 하는 부분이 포함되어 있어 화상 File로부터 별처럼 보이는 것들의 등급과 위치를 찾아낼 수 있게 되어 있다. 예를 들어 PCVISTA에는 FIND라는 별을 찾는 프로그램과 GPHOT와 PHOT라는 보다 정교한 측광 프로그램을 내장하고 있다. 단순한 추적과 별을 찾는 목적이라면 FIND에서 제공하는 대략의 밝기로도 충분할 것이며 이러한 임무를 수행하는 데는 그다지 많은 시간이 걸리지 않는다. FIND의 진행 속도를 더욱 높이라면 하늘의 배경 밝기 파라미터를 조절함으로써 가능해진다. 따라서 5초 정도마다 화면을 새로 전송하는 것이 가능할 것으로 판단된다. 원격 조정 망원경에서는 화상을 재현하는 것이 아니고 별의 위치와 밝기의 정보로부터 보통의 Graphics 프로그램을 이용함으로써 화면에 보이는 속도도 현저히 향상시킬 수 있다.

느린 통신망을 이용해서 화상을 교환할 수 있는 또 하나의 방법은 화상 File을 압축시키는 것이다. File의 크기를 줄이기 위해 압축하는 것은 컴퓨터 사용자들이 많이 이용하는 방법이다. 그러나 기존의 압축 프로그램을 직접 이용하면 압축하고 다시 푸는 데 너무 많은 시간이 소요되어 별 이득을 기대할 수 없다.

반면 별들을 대상으로 한 CCD 화상의 대부분은 빈 하늘을 포함하고 있으므로 이들을 0으로 처리한다면 역시 그 정보량을 상당히 축소시킬 수 있을 것이다. 따라서 Stellar Photometry와 직접적인 File 압축 방법 중 어느 것이 효율이 좋고 실용적인지 판단하기 위해 이들을 모두 실험해 보아야 할 것이다. 이러한 사항에 대한 연구는 다음 과제에서 진행할 것이다.

VI. 요약 및 차후 과제

본 논문에서는 수동조작용 망원경을 컴퓨터로 구동시킬 수 있는 방법을 제시하고, 실질적인 하드웨어를 제작하여 기초적인 실험을 마쳤다. 실제관측을 자동으로 수행하기 위해서는 다음 사항들이 해결되어야 하며 이에 대한 연구가 진행되고 있다.

1. 망원경의 구동 장치는 이미 제작된 PIO와 이에 접속된 릴레이 구동 회로를 컴퓨터와 망원경 조작 패들 스위치에 연결하여 완성시킨다. 이에 따르는 소프트웨어도 함께 작성한다.
2. 망원경의 좌표는 기존의 Encoder 출력에 24 비트 펄스 계수기 2개 (역시 컴퓨터 내에 포함시킴)를 제작하여 정확한 좌표를 항상 컴퓨터가 기억할 수 있도록 한다. 역시 이에 관련된 소프트웨어도 함께 작성한다.
3. 관측 장비의 자동화를 위하여 Filter, Diaphragm 등의 자동 변환은 물론 확인용 화상을 소형 CCD 카메라가 부착된 원격 관측용 광전 측광기를 제작한다.
4. 추적용 망원경에 부착된 CCD 화상을 빠른 속도로 전송할 수 있는 화상 압축 방법 두 가지 (Stellar Photometry와 직접적인 File 압축)를 개발하고 성능을 비교하여 한 가지 방법을 택한다.

5. 개개의 동작을 위해 씌여진 소프트웨어들을 통합하여 실제 원격 관측이 가능한 통합 소프트웨어를 만드는 기본 설계를 마치 실제 관측에 응용될 수 있도록 한다.

참 고 문 헌

- 김용득 편저 1988, 퍼스컴을 활용한 공작 응용, (교학사).
- 박정일, 이강욱 편저 1986, 마이크로 컴퓨터 인터페이스, (방한 출판사).
- 나일성 외 1989, 소중대형 망원경을 위한 광전관측 기술개발 (I), 과학 기술처 연구 보고서.
- 이영돈 편역 1989, IBM PC 하드웨어 종합 분석, (성안당).
- Eggebrecht, L. C. 1989, *Interacting to the IBM Personal Computer*.
- Trueblood, M., and Genet, R. 1985, *Microcomputer Control of Telescopes*, William-Bell, Inc.