

WWW를 이용한 원격관측시스템¹⁾
REMOTE OBSERVATION SYSTEM ON WORLD WIDE WEB

박병곤^{1,2)}, 옥인수¹⁾, 한인우¹⁾, 김승리¹⁾, 천무영¹⁾, 성현철¹⁾

¹⁾보현산천문대 / 천문대

²⁾경북대학교 천문대기과학과

**PARK, BYEONG-GON^{1,2)}, YUK, IN-SOO¹⁾, HAN, INWOO¹⁾, KIM, SEUNG-LEE¹⁾,
CHUN, MOO-YOUNG¹⁾, SEONG, HYEON-CHEOL¹⁾**

¹⁾Bohunsan Optical Astronomy Observatory, Korea Astronomy Observatory

²⁾Department of Astronomy and Atmospheric Sciences,

Kyungpook National University

(Received November 17, 1998; Accepted November 30, 1998)

ABSTRACT

We present the development of a remote observation system running on world wide web (WWW). The system consists of a 30cm Schmidt Cassegrain telescope and ST-7 CCD camera. We built the controllers and drivers of the telescope and the control softwares including the network control. The self-developed techniques in the hardwares and softwares can be applied to other projects in Korea. Observers can access the system via WWW home page, to reserve observation times, to send control commands, to retrieve images and various information useful for observation.

This system can be widely used by students and amateur astronomers as well as professional astronomers who need a lot of small telescope time.

1. 서론

초창기 연구 목적으로 주로 이용되던 인터넷이 WWW(World Wide Web)의 보급과 더불어 일반에게 알려지기 시작하면서 최근에는 문서 뿐 아니라 동영상이나 음성 등의 다양한 정보가 폭 넓게 교류되고 있다. 이러한 경향은 일반 대중의 정보에 대한 강한 욕구와 더불어 인터넷의 하 부구조, 즉 전산망의 속도 증가에 따라 더욱 가속화되는 경향이다. 오늘날에는 인터넷을 이용하여 TV나 라디오를 실시간으로 보는 것도 가능할 정도로 인터넷의 속도는 매우 빨라졌다.

본 연구는 이처럼 고속화된 인터넷 기반에서 실시간으로 천체를 관측할 수 있는 소프트웨어를 개발함으로써 천문관측 교육 및 일반인을 대상으로 한 천문관측 실습 시스템을 구축하고자 하

1. 이 논문은 정보통신부의 초고속 정보통신 응용기술개발 사업의 지원(과제번호 96-136)을 받아 이루어졌 음.

는 목적에서 이루어졌다.

천문학 교육은 가장 기초적인 자연과학 분야의 하나로서 초등학교부터 중고등학교, 대학교에 이르기까지 매우 중요하게 다루어지고 있는 과목 중의 하나이다. 그러나 천문학 분야 중 관측 천문학 분야의 경우 그 특성상 충분한 실습이 이루어져야 함에도 불구하고 실제로 제대로 교육이 되지 않는 분야이다. 그 이유는 천문관측이 야간에 야외에서 이루어져야 하고 한 사람 앞에 망원경이 하나씩 배당되어야 충분한 교육이 가능한 탓도 있지만 망원경이나 관측 기기를 유지 보수할 인력이 부족하다는 점이기도 하다.

이런 이유에서 컴퓨터로 구동되는 소형 망원경과 CCD 카메라를 WWW를 통하여 원격 구동할 수 있다면 교육적 측면에서 획기적인 향상을 기대할 수 있다. 우선 교육 현장에서 관측 기기를 유지 보수할 인력을 확보할 필요가 없고 많은 학생을 대상으로 할 수 있으며 관측 수업을 위하여 야외로 나갈 필요가 없어지게 된다. 이러한 시스템은 누구나 쉽게 접근할 수 있기 때문에 중등학교의 천문학 교육 뿐 아니라 천체 관측에 흥미가 있는 일반인들도 쉽게 접할 수 있고 연구 주제에 따라서는 전문 천문학자에게도 유용한 시스템이 될 수 있다. 또한 WWW를 이용함으로써 사용하는 컴퓨터에 무관한 관측 환경을 만들 수 있고 대부분의 인터페이스를 한글화하여 누구나 쉽게 이해할 수 있다는 점도 매우 중요하다. 원격관측 시스템 관련 기술들을 소형 교육용 관측 시스템 뿐 아니라 연구용 관측 시스템에도 적용하여 가까운 미래에는 관측 천문 연구를 위하여 멀리 떨어진 천문대를 직접 방문할 필요없이 연구실에 편안히 앉아서 연구를 수행할 수도 있을 것이다.

외국의 경우 소형 망원경을 이용한 원격관측시스템, 또는 자동망원경을 연구하는 그룹으로는 GNAT (Global Network of Astronomical Telescope), Bradford Robotic Telescope, Micro Observatory 등이 있다. GNAT 프로젝트는 지구 전역을 포괄하는 1m급의 소형 망원경 네트워크를 구축하여 자동화된 상시 관측시스템을 구축하고자 하는 시도로서 현재 그 첫 번째 망원경이 건설 중이며 Harvard대학의 CfA에 설치된 Micro Observatory는 망원경 제어시스템과 네트워크 연결 등이 하드웨어적으로 긴밀하게 연계된 원격관측시스템으로서 지역의 고교 교사와 학생들에게 개방되어 활용되고 있다. 한편 Bradford의 자동화된 망원경은 본 연구의 주제와 거의 비슷한 연구로서 현재 망원경 시스템에 대한 성능 향상이 이루어지고 있다.

본 연구는 1996년부터 1998년까지 수행된 정보통신부의 초고속 정보통신 응용기술 개발 사업 과제로 수행되어 1998년 6월 개발이 완료된 후 10월 시연이 이루어졌다. 본 연구의 대략적인 내용은 다음과 같다. 즉, 컴퓨터 제어가 가능한 30cm 망원경을 직접 제작하고 관측기기로는 상용 CCD 카메라를 구매하여 네트워크를 통한 제어가 가능하도록 소프트웨어를 개발하였다. 이렇게 개발한 관측 시스템에 WWW를 통한 접속이 가능하도록 네트워크 소프트웨어를 개발하여 연결시킴으로써 실시간으로 원격 관측이 가능한 시스템이 완성되었다. 그림 1은 본 연구에서 개발한 원격관측시스템의 개념도를 나타낸 것이다.

2장에서는 원격관측시스템을 구성하는 각 항목들에 대하여 설명하였으며 3장에서는 시연 결과, 그리고 4장에서 결론 및 앞으로의 과제에 대해 다루었다.

II. 원격관측시스템 구성

1. 망원경

원격관측시스템을 구성하는 망원경은 천문대에서 제작한 구경 30cm의 슈미트 카세그레인(Schmidt Cassegrain)식 반사망원경이다. 이 망원경의 광학계는 미국 Meade사의 직경 300mm, F/10의 슈미트 카세그레인 경통을 이용하였으며 천문대에서 설계 제작한 적도의식 포크 마운트를 채택하였다. 컴퓨터에 의한 제어를 쉽게 구현하기 위하여 적경과 적위축 구동은 각각 스텝모터를 이용하였고 이들 스텝 모터와 망원경 회전축은 타이밍 벨트를 이용하여 49:1의 감속, 그리고 감속비 20:1의 롤러와 디스크를 이용하여 모두 980:1의 감속비에 의한 마찰차 방식으로 구동된다.

각각의 축은 두 개의 한계 스위치와 한 개의 원점(home) 스위치를 부착하여 회전 한계 및 원점 감지를 할 수 있도록 하였다. 그림 2는 망원경 제어부의 개념도를 나타낸 것이다. 그림 2에서 각 축의 스텝 모터를 구동하는 드라이버와 컨트롤러는 직접 제작하였다. 스텝모터 드라이버의 경우 일반 2상 스텝 모터의 한 스텝을 최대 128 마이크로 스텝으로 분주할 수 있는 마이크로 스텝 드라이버 방식을 채택하였고 컨트롤러는 인텔사의 80C196KC와 8254 타이머를 탑재한 다축 스텝모터 제어기(MACSIM)로서 최대 11개의 스텝모터를 제어할 수 있도록 하였다. MACSIM은 제어 호스트 컴퓨터와 RS-422 직렬 입출력 방식으로 통신한다.

망원경 제어 프로그램은 IBM PC와 Windows 95운영체제 하에서 National Instruments사의 LABWindows/CVI를 이용하여 GUI(Graphics User Interface) 방식으로 구현하였으며 오프라인

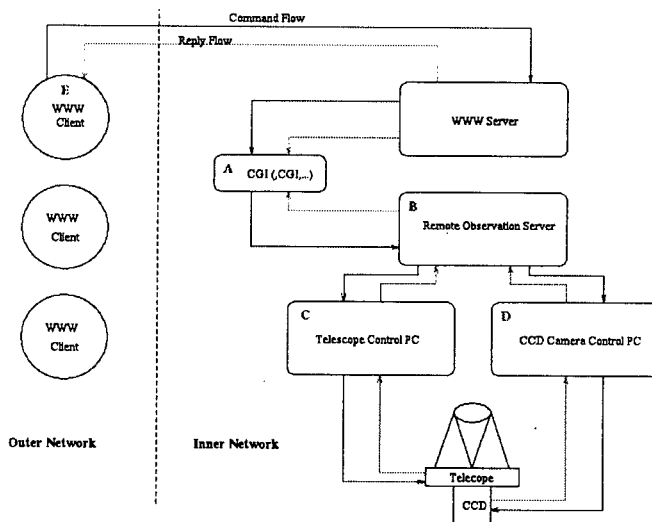


그림 1. 원격관측 시스템 구성도.

제어의 경우 관측을 위한 망원경의 제어 뿐 아니라 각종 점검, 유지 보수 기능을 포함하였고 네트워크 인터페이스를 통하여 온라인 명령 처리를 할 수 있도록 하였다. 그림 3은 망원경 제어 프로그램의 주화면을 보여 준다.

2. CCD 카메라

원격관측시스템에서 채택한 CCD 카메라는 미국의 SBIG(Santa Barbara Instrument Group)사에서 개발한 ST-7 CCD 카메라이다.

ST-7의 제어는 IBM PC의 프린터 포트를 이용한 병렬 통신으로 구현되며 본 연구의 목적에 맞는 제어 프로그램의 개발을 위하여 제작사에서 제공하는 제어 프로그램 개발용 라이브러리를

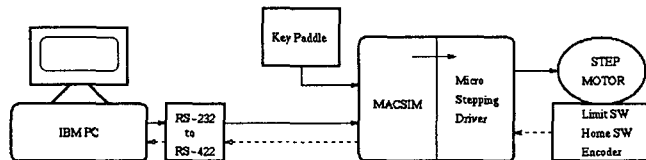


그림 2. 30cm 망원경의 제어 개념.

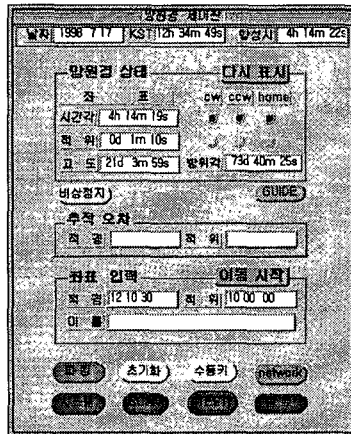


그림 3. 망원경 제어프로그램의 주화면.

이용하였다. 제어 프로그램은 IBM PC의 DOS 운영체제하에서 Borland C++를 이용하여 풀다운 메뉴 방식의 GUI로 구성하였고 네트워크 인터페이스를 위하여 Future 시스템의 TCP/IP 네트워크 라이브러리를 채택하였다. 망원경 제어 프로그램과 마찬가지로 CCD 카메라 제어 프로그램에서도 오프라인 제어의 경우 시스템 점검 및 유지 보수를 위한 각종 기능들을 제공한다. 그림 4는 CCD 카메라 제어 프로그램의 주화면을 나타낸 것이다.

3. 네트워크 서버

네트워크 서버는 원격관측시스템의 관측자와 실제 관측기기, 즉 망원경과 CCD 카메라 제어 프로그램 사이를 매개하는 전달자 역할을 하는 프로그램이다. 네트워크 서버의 기능은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 관측자에 의하여 WWW 서버로 전달된 명령을 직접 관측 시스템에 전달하는 전달 기능과 둘째 특정 순간에 한가지 요구만 관측시스템에 전달되도록 하는 접근제한 기능이다.

네트워크 서버 프로그램은 Sun SPARC 10 워크스테이션의 SunOS 4.1.3 운영체제하에서 구현되었으며 망원경 제어컴퓨터 및 CCD 카메라 제어컴퓨터와 연결하기 위한 네트워크 포트와 WWW 서버와 연결하기 위한 네트워크 포트 등 세 개의 네트워크 인터페이스를 운영하며 동시 접근 제한을 위하여 두 개의 세마포어(semaphore) 변수를 사용한다.

망원경과 CCD 카메라 제어 프로그램은 관측 뿐 아니라 점검 및 유지 보수를 위한 많은 명령 체계를 정의하고 있지만 네트워크 서버를 경유하여 전달되는 원격관측용 명령은 이 중 몇가지

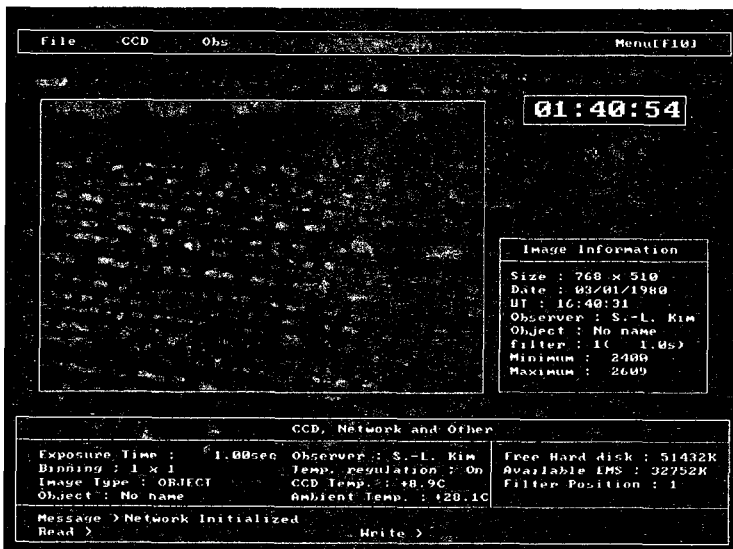


그림 4. CCD 카메라 제어프로그램의 주화면.

만 구현되어 있다. 즉 망원경의 경우 현재 상태 보기, 지정된 좌표로 이동 후 추적, 정지 등이 구현되어 있으며 CCD 카메라의 경우 현재 상태 보기, 노출, 영상 전송 등이 구현되어 있다.

여기서 CCD 카메라의 각종 상태 설정, 즉 노출의 종류(천체 영상인가, 암화면인가의 구분), 노출시간 설정, 필터 종류 설정 등은 다음 절에서 설명하는 관측자 인터페이스에서 지정한 후 한꺼번에 노출 명령을 통해 전달하게 된다. 본 연구에서 대부분의 명령/응답 체계의 프로그램을 직접 작성하였으나 영상 전송의 경우 CCD 카메라 제어 프로그램은 TFTP (Trivial File Transfer Protocol) 규약(Stevens 1994)에 따라 클라이언트 프로그램을 작성하여 네트워크 서버의 SunOS에 이미 구현되어 있는 TFTP 서버 프로그램과 접속하여 전송하는 형태를 취함으로써 영상 파일 전송의 안정성을 기하였다.

4. 관측자 인터페이스

원격관측시스템의 홈페이지는 두 부분으로 구분되어 있다. 그 중 바깥쪽에 해당하는 홈페이지는 일반에게 공개되어 누구나 접근이 가능하다. 이 영역에서는 천문 관측에 관심 있는 사람들을 위한 각종 정보를 제공하고 있으며 원격관측시스템에 의하여 생성된 천체 영상들을 자유롭게 다운로드받을 수도 있다. 또한 원격관측시스템을 이용하기 위한 사용 예약 등도 이 영역에서 이루어진다. 또 하나의 영역은 관측자 페이지로서 허가받지 않으면 접근이 불가능하다. 즉, 관측자 페이지는 원격관측시스템의 관측자 인터페이스이다.

누구나 접속할 수 있는 원격관측 시스템 홈페이지는 그림 5에 나타난 것처럼 구성되어 있다. 우선 원격관측시스템의 사용 설명, 사용신청 및 현재 일정 등을 확인할 수 있으며 원격관측시스템에 의하여 생성된 영상 파일을 다운로드받을 수 있는 영역이 마련되어 있고 그외에 기상청에서 제공하는 현재 우리나라의 기상 현황을 볼 수 있다. 관측자를 위하여 천문대에서 발간하는 역서에 준하는 천문정보 홈페이지가 따로 마련되어 있어서 현재 시간의 각 행성의 위치, 일출몰 시간 등을 확인할 수 있다. 마지막으로 사용자 이름과 비밀번호는 관측 페이지에 접속하기 위한 영역이다. 앞서 설명한 대로 이 영역에 접근하려면 사용자 이름과 비밀번호가 있어야 하며 접속 당시의 시간이 관측 허용 시간 범위 내에 있어야만 한다.

관측 페이지는 실제로 관측을 수행하기 위한 영역으로서 그림 6과 같이 구성되어 있다. 이 영역은 대부분 폼(Form)과 자바스크립트, 그리고 C 언어로 짜여진 CGI (Common Gateway Interface)로 구성되어 있어서 반드시 넷스케이프(Netscape) 3.0 이상의 프로그램으로 읽어야만 제대로 동작이 가능하다. 그림 6에서 볼 수 있는 것처럼 이 페이지는 5개의 부분 영역으로 나눌 수 있는데 각각 CCD 제어, 망원경 제어, 유틸리티, 상태, 그리고 영상 영역으로 나눌 수 있다.

CCD 제어의 경우 노출시간과 필터, 비닝, 관측 모드 등을 선택한 후 "Expo" 버튼으로 노출이 진행되고 "Read" 버튼으로 영상의 전송이 이루어진다. "Status" 버튼은 현재의 상태를 알기 위한 버튼이다. 관측 모드는 "Object"와 "Dark"의 두 가지 모드가 있다. 망원경 제어의 경우는 관측하고자 하는 대상의 좌표와 기원년을 입력하고 "Move" 버튼을 누름으로써 망원경의 지향(pointing)과 추적(tracking)이 이루어진다.

"Status" 버튼을 눌러서 망원경이 추적중이면 CCD 카메라로 영상을 얻을 수 있다. 유틸리티

영역은 몇가지 관측 지원 기능을 담고 있다. 이 영역에서는 현재의 지방시와 세계시, 지방 항성 시와 율리우스 적일을 보여줌으로써 관측자에게 참고 자료를 제공하며 현재 태양계 행성의 좌표를 계산하여 자동으로 망원경이 그 행성을 지향할 수 있도록 하는 유틸리티이다.

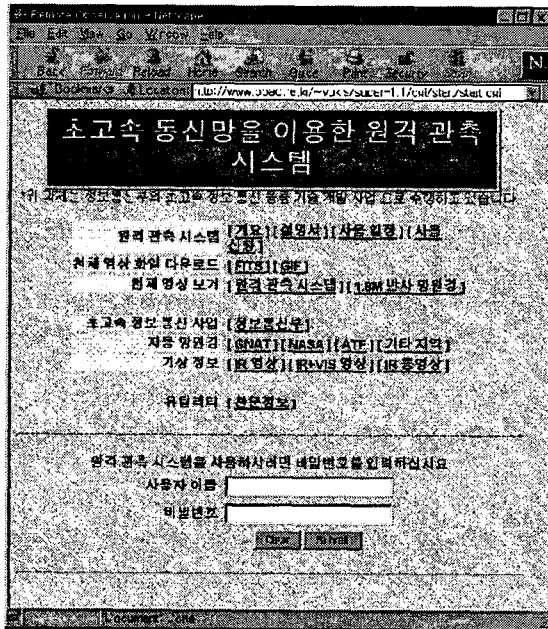


그림 5. 원격관측시스템의 홈페이지. 자세한 내용은 본문 참조.

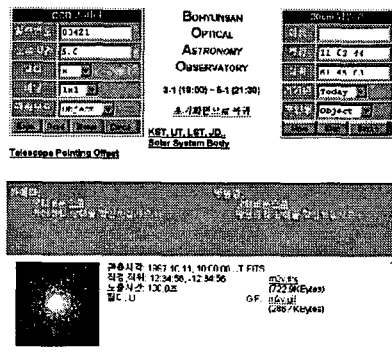


그림 6. 원격관측시스템의 관측페이지. 자세한 내용은 본문 참조.

상태 영역은 관측자가 내리는 명령에 따라 망원경과 CCD 카메라의 현재 상태를 보여 준다. 마지막으로 영상 영역은 “Read” 버튼에 따라 전송된 영상이 디스플레이되는 영역이다. 이 영역에 표시되는 작은 영상을 버튼으로 선택하면 화면을 확대하여 볼 수 있다.

5. 관측 스케줄러

관측 스케줄러는 여러 명의 사용자가 있을 경우 관측 주제에 따라 또는 원하는 관측 시간에 따라 관측의 순서와 관측 시간을 효율적으로 분배하여 한정된 관측 시간을 최대한 효과적으로 사용할 수 있도록 하는 프로그램이라 할 수 있다.

완전히 자동화된 망원경의 경우 거의 사람의 손을 거치지 않고 망원경이 스스로 판단하여 대부분의 관측을 수행하므로 이러한 관측 스케줄러의 자동화는 매우 중요하다. 그러나 관측 스케줄러를 완전히 자동화하는 것은 대단히 어려운 작업이다. 인간이 판단할 수 있는 모든 요소를 컴퓨터가 다 고려하기가 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구에서 개발한 원격관측 시스템의 관측 스케줄러는 관리자의 손에 의하여 결정되는 시스템으로 구현하였다.

관측을 원하는 사람은 그림 7과 같은 관측 신청서 양식을 작성한다. 반드시 자신이 관측할 때 사용할 사용자명과 비밀번호를 기입하여야 하며 관리자가 시간 배정을 할 수 있도록 하기 위하여 관측을 원하는 시간보다 최소한 일주일 이전에 신청하여야 한다.

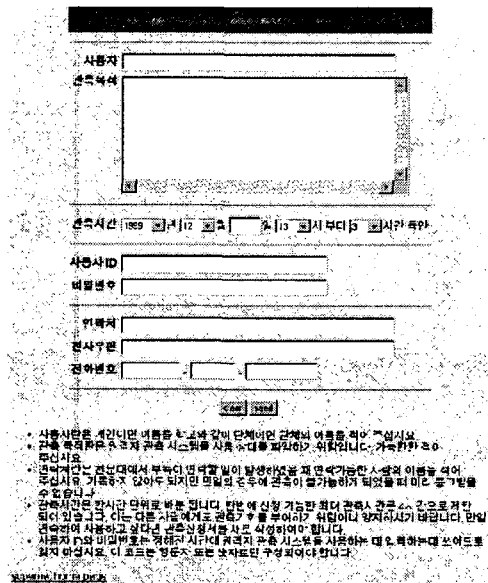


그림 7. 관측 신청서 양식. 자세한 내용은 본문 참조.

관리자는 관측 신청서를 검토하여 관측 허용 날짜와 시간을 배정하고 이를 원격관측시스템의 홈페이지에 있는 사용일정에 공고한다. 관측을 신청한 사람은 사용일정을 확인하여 자신에게 배정된 시각에 접속하여 관측을 수행하면 된다. 만일 허용된 시간이 아닌 때에 접속을 시도하면 접속이 거부된다.

III. 원격관측시스템 시험

본 연구에서 개발한 원격관측 시스템은 초고속 정보통신 응용 기술 개발사업으로 시행되어 과제가 종료된 이후인 1998년 10월 8일 정보통신부 관계자들이 참여한 가운데 경북대학교 전자계산소에 있는 초고속 선도시험망 공동 이용센터에서 시연이 실시되었다. 시연 시각이 한낮이었기 때문에 관측 대상은 태양으로 결정하였고 태양을 관측하기 위하여 망원경의 앞쪽에 태양 필터를 설치하였다. 시연에서는 사용신청, 예약, 그리고 실제 관측에 이르기까지 개발된 시스템이 지원하는 모든 기능을 시험하였고, 보현산천문대에 설치된 망원경과 CCD 카메라를 경북대학교에서 실시간 원격 조종하여 태양의 흑점을 컴퓨터 화면으로 관측하는 데에 성공하였다.

IV. 결론 및 토의

WWW(World Wide Web)은 오늘날 컴퓨터를 사용할 줄 아는 사람이라면 누구나 알 수 있을 정도의 친근한 시스템으로서 그림과 문서, 나아가서는 동영상과 음성에 이르기까지 다양한 정보를 전달하는 매개로 응용되고 있다. 무엇보다 한글로 된 정보를 손쉽게 전달할 수 있다는 점에서 그 확산 속도가 더욱 빨라졌다고 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 WWW의 이점을 천문관측에 적용하여 중등학교나 대학교의 교양과정 또는 아마추어 천문가를 위한 실시간 원격관측 시스템을 개발하였다. 총 2개년의 개발 기간 중 1차년도에는 하드웨어 및 소프트웨어 개발에 주력하였고 2차년도에는 원격관측 홈페이지의 개발과 시스템의 시험에 주력하였다. 시험관측의 결과 망원경 제어시스템의 통신이 가끔 끊어지는 등의 문제가 발생하였으나 망원경 제어부의 개선으로 해결하였으며 관측자와 서버 사이의 WWW 연결의 경우 관측자가 사용하기에 충분히 안정된 성능을 보였다. 다만 관측시스템이 설치된 보현산천문대가 아직 초고속 통신망에 연결되지 않았기 때문에 시험관측은 기존의 전용회선에 의한 TCP/IP 네트워크에서만 이루어졌다. 개발된 시스템은 앞으로 관측을 원하는 학교나 아마추어들에게 공개될 예정이며 이 시스템이 천문관측 교육에 많은 기여를 할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서 앞으로 개선할 점은 초고속 통신망 기반의 통신 환경에서 보다 안정적인 네트워크 제어를 보장할 수 있도록 네트워크 제어 프로그램을 개선하는 일과 CCD 카메라 제어프로그램과 망원경 제어 프로그램을 통합하여 하나의 컴퓨터에서 모두 제어하는 일, 그리고 원격지에서 관측시스템이 설치된 곳의 기상 상태를 알 수 있도록 국지 기상 모니터링 시스템을 추가하는 일로서 현재 시스템의 개선을 위하여 노력 중이다.

본 연구에서 개발한 시스템은 천문대 자체 기술로 개발한 30cm 망원경과 제어장치 및 제어소프트웨어를 비롯하여 상용 CCD 카메라를 자체 개발한 소프트웨어로 구동하고 이를 네트워크

로 제어가능하도록 함으로써 대부분의 기술을 국산화하여 원하는 교육 기관이나 아마추어 천문 그룹 또는 국내 망원경 제조 업체들에게 소형 망원경 개발 기술 및 네트워크 제어 기술 등을 전파함으로써 이 분야의 국내 기술 발전에 기여할 수 있을 것이다.

본 시스템의 URL 주소는 http://www.boao.re.kr/boao_han.html이다.

참고 문헌

Stevens, W. R. 1994, in Unix Network Programming, Prentice Hall.

Web Sites

Bradford Robotic Telescope: <http://www.telescope.org/rti/>

GNAT : <http://www.gnat.org/~ida/gnat/index.html>

Micro Observatory: <http://mo-www.harvard.edu/MicroObservatory/index.html>