

적외선 고분산 분광기 제어 소프트웨어 개발 (Development of IGRINS Control Software)

권봉용¹, 강원석², 조웅준¹, 홍충선*¹, 이성원¹, 박수종², 천무영³, 정의정³, 육인수³, 김강민³, 박찬³

경희대학교 컴퓨터공학과¹, 우주탐사학과², 한국천문연구원³

{by1130, wskang, d2o2mask, cshong, drsungwon, soojong}@khu.ac.kr, { mychun, ujj, yukis, kmkim, chanpark}@kasi.re.kr

요 약

업종 간 벽을 마음대로 넘나드는 융합기술을 미래 성장 키워드로 삼고 있는 현재의 분위기에 맞추어 천문학 분야도 IT와 융합된 우주 관측 기기들과 소프트웨어를 개발하고 있다. 본 논문에서는 그 중에서 우주관측에 필수적인 관측기기 소프트웨어의 설계 및 구축에 대하여 논하고자 한다. IGRINS는 실리콘 담금격자를 사용한 세계 최초의 적외선 고분산 분광기이다. IGRINS 제어 소프트웨어 개발을 통해 연구용 관측 장비의 독자적 운영 소프트웨어 개발 기술 확보 및 이를 통해 GMT에 적용 가능한 GMTNIRS를 개발할 수 있는 기틀을 마련할 수 있다.

Keywords: Instrument Control Software, IGRINS, Observation Software

1. 서론

IT가 패션, 자동차, 항공 등의 다양한 분야와 융합을 하고 그에 관련된 연구가 진행 중이다. 그로 인해 각 분야에서 많은 발전이 있었으며, 천문학 분야에서는 IT와 융합하여 만들어진 다양한 IT 융합 기기들을 사용하여 더욱더 정밀한 관측을 할 수 있게 되었다[1]. 또한, 과학기술계의 21세기 화두는 단연 융합기술이다. 융합은 세계 경제의 새로운 돌파구로 여겨지고 있고, 엘빈 토플러는 "한국의 미래는 융합기술에 달려 있다"고 언급했으며 미국의 미래학자인 다니엘 핑크는 "21세기는 융합과 콘셉트의 시대"라고 말하는 등 융합은 전세계 경제의 새로운 패러다임을 형성하고 있다[2]. 천문학 분야도 다른 분야와 마찬가지로 이러한 분위기에 맞추어 관측자가 일부로 멀리 떨어져 있는 천체관측소를 방문하지 않아도 천체 관측을 손쉽게 해서 시간 및 경비 등을 절약할 수 있는 원격제어와 방대한 천문 관측데이터를 공동으로 활용할 수 있는 Virtual Observatory 등의 소프트웨어 기술, IT와 융합된 우주 관측 장비들과 그 장비를 제어하는 소프트웨어들이 개발되고 있으며 이로 인해 천문학의 새로운 발전이 이어질 것으로 예상된다. 이러한 동향에 맞추어 본 논문에서는 우주관측에 필수적인 관측기기 제어 시스템 구축에 대하여 논하고자 한다.

2. 관련 연구

KASINICS(KASI Near Infrared Camera System)는 지상망원경용 근적외선카메라 시스템[3]으로 지상망원경용 근적외선카메라를 보현산 천문대에서 활용할 수 있도록 개발하는 사업이다. KASINICS User Software는 관측용 프로그램 KASINICS-OBS와 온도/진공 모니터 프로그램으로 구성되어 있으며, 이 프로그램들은 Windows 환경에서 C언어로 작성되어 보현산 관측실의 KASINICS 제어 PC에 설치되어 있다. 관측용 프로그램은 TCP/IP를 통하여 KASINICS Readout Controller와 통신하고 모터를 제어하며, 관측자는 이 프로그램을 이용하여 원하는 관측 자료를 획득하고, 온도와 진공도를 실시간으로 확인할 수 있다.

그 외에도 6.5m Baade 망원경의 Wide-area near infrared camera에 대한 개발을 한 FourStar[4]와 NASA 적외선 망원경 시설에 대한 개발인 SpeX[5], 2010년 8월부터 미국 McDonald 천문대의 2.1m 망원경에 설치

이 논문은 2013년도 천문연구원 - 적외선 분광 개발 기술 과제의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2013980000)*Dr CS Hong is corresponding author.

되어 초기우주 퀘이사 탐사와 감마선 폭발 천체 및 외부은하의 관측을 진행하고 있는 CQUEAN(Camera for QUasars in EARly uNivers)[6]가 있다.

IGRINS(Immersion GRating INfrared Spectrograph)[7] Control Software 는 8 개의 온도 센서, 1 개의 압력센서, 3 개의 Detector, 3 개의 Calibration Motor, 3 개의 램프를 제어 및 감시하는 소프트웨어로 관측자 위주의 사용환경에 맞추어 패키지를 만들고 관측을 수행하는데 있어 필수적인 기능들과 그 밖의 유용한 도구들을 제공하여 보다 효율적인 관측이 이루어지도록 하고 있다.

3. IGRINS Project

본 논문에서는 한국천문연구원과 미국 텍사스 주립대학(UT)이 공동 개발하고 있는 고분산 적외선 분광기인 IGRINS 장비를 제어하고, 관측자가 관측을 수행하며, 관측 결과를 가공하고 관리하는 컴퓨터 소프트웨어에 대해 설명한다. IGRINS 는 첨단 실리콘 담금격자를 사용하여 고분산 분광관측($R=40,000-80,000$)이 가능하고, 교차분산기를 사용하여 근적외선 파장대의 H-band(1.45-1.80 μm) 와 K-band(2.0-2.45 μm)를 한 번의 노출로 관측 가능하다. 또한, IGRINS 소프트웨어를 개발하고 이를 통해 확보한 기술을 응용해서 거대 마젤란 망원경(GMT: Giant Magellan Telescope)에 적용 가능한 GMTNIRS (the Giant Magellan Telescope Near Infrared Spectrograph; Jaffe et al. 2006)의 소프트웨어를 개발할 수 있다[7][8]. 이 과제에서는 국제적으로도 개발 예가 없는 담금격자를 이용한 고분산 적외선 분광기 제어 소프트웨어를 개발하였고, 국내에서도 적외선 분광기 관련 소프트웨어 개발은 최초의 일이다. 본 논문의 본문에서는 현재 설계 및 개발 중인 IGRINS 제어 소프트웨어에 대해 설명을 한다.

3.1 설계

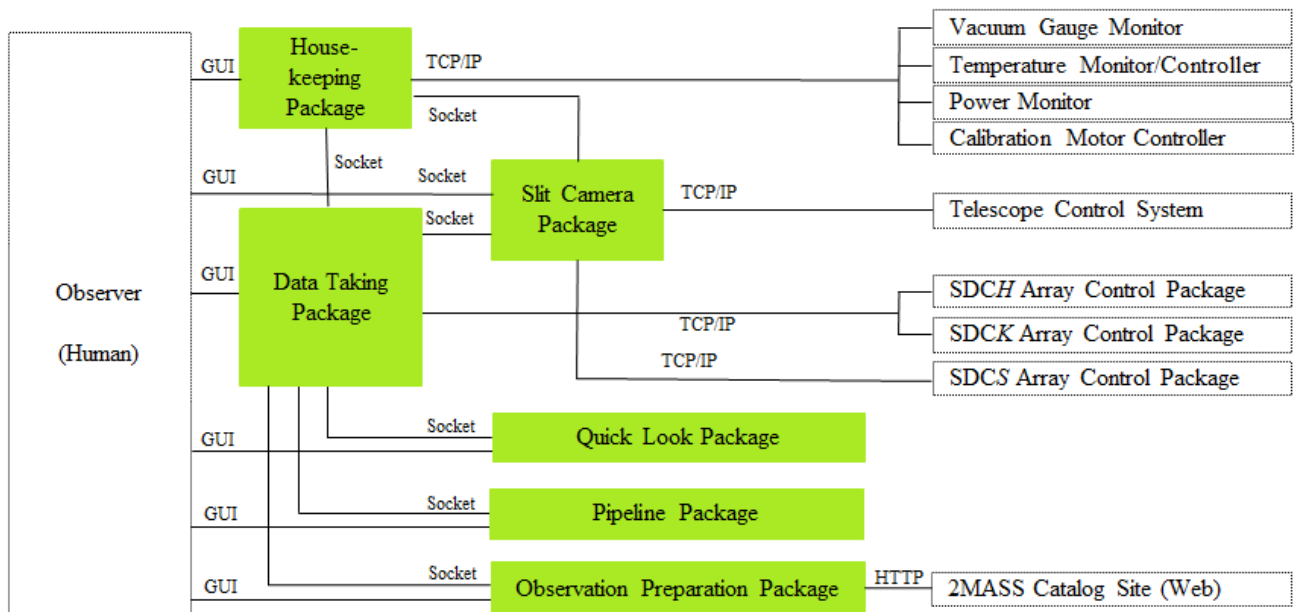


그림 1. Network Architecture

그림 1 은 IGRINS 제어 소프트웨어의 Network Architecture 를 나타낸다. 그림 1 과 같이 Vacuum Gauge Monitor(VGM), Temperature Monitor/Controller(TMC), Power Monitor(PM), Calibration Motor Controller(CMC)는 Housekeeping Package 와 TCP/IP 로 연결되어 있고, Telescope Control System(TCS), SDCS Array Control Package(SDCS)는 Slit Camera Package 와 TCP/IP 로 연결되어 있고, SDCH/K Array Control Package(SDCH/K)는 Data Taking Package 와 TCP/IP 로 연결되어 있으며, 2MASS(Two Micron All Sky Survey) Catalog Web Site 는 Observation Preparation Package 와 HTTP 로 연결이 되어있다. 또한, Housekeeping Package, Slit Camera Package 와 Data Taking Package 는 서로 소켓통신을 하여 필요한 매개 변수 값을 주고 받으며, 마찬가지로 Data Taking Package, Quick Look Package, Pipeline Package 와 Observation Preparation Package 는 소켓통신을 하여 필요한 매개 변수 값을 주고 받는다. 관측자는 IGRINS 제어 소프트웨어를 통해 보다 용이하게 관측을 할 수 있다.

관측자는 IGRINS 제어 소프트웨어의 Main GUI 에서 원하는 패키지(Housekeeping, Slit Camera, Data Taking, Quick Look, Pipeline, Observation Preparation)를 실행시킬 수 있으며, 소프트웨어 실행 후에 일어나는 모든 이벤트는 저장된 로그를 통해 확인 할 수 있다.

3.2 개발 및 시험

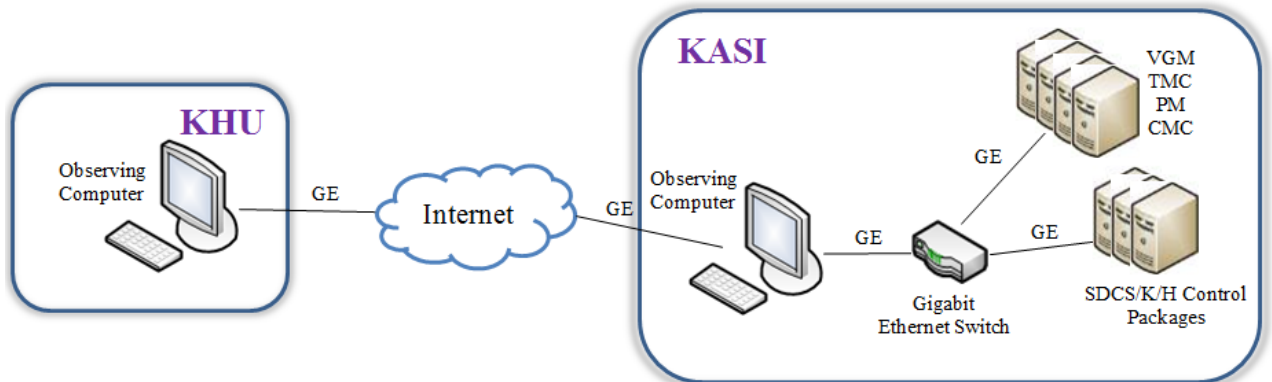


그림 2. 개발환경

그림 2 는 IGRINS 제어 소프트웨어의 개발 환경을 나타낸다. 그림에서 나타난 것과 같이 경희대학교 (KHU)에서는 iMAC 기반의 Observing Computer 에서 Python Tkinter[9]로 소프트웨어를 개발 하고, 개발된 소프트웨어를 가지고 한국천문연구원(KASI)에 원격으로 연결해서 테스트를 한다. KASI 의 경우 Observing Computer 에 VGM, TMC, PM, CMC, SDCH/K/S Array Control Package 가 Gigabit Ethernet 으로 연결되어 있다.

3.2.1 Housekeeping Package

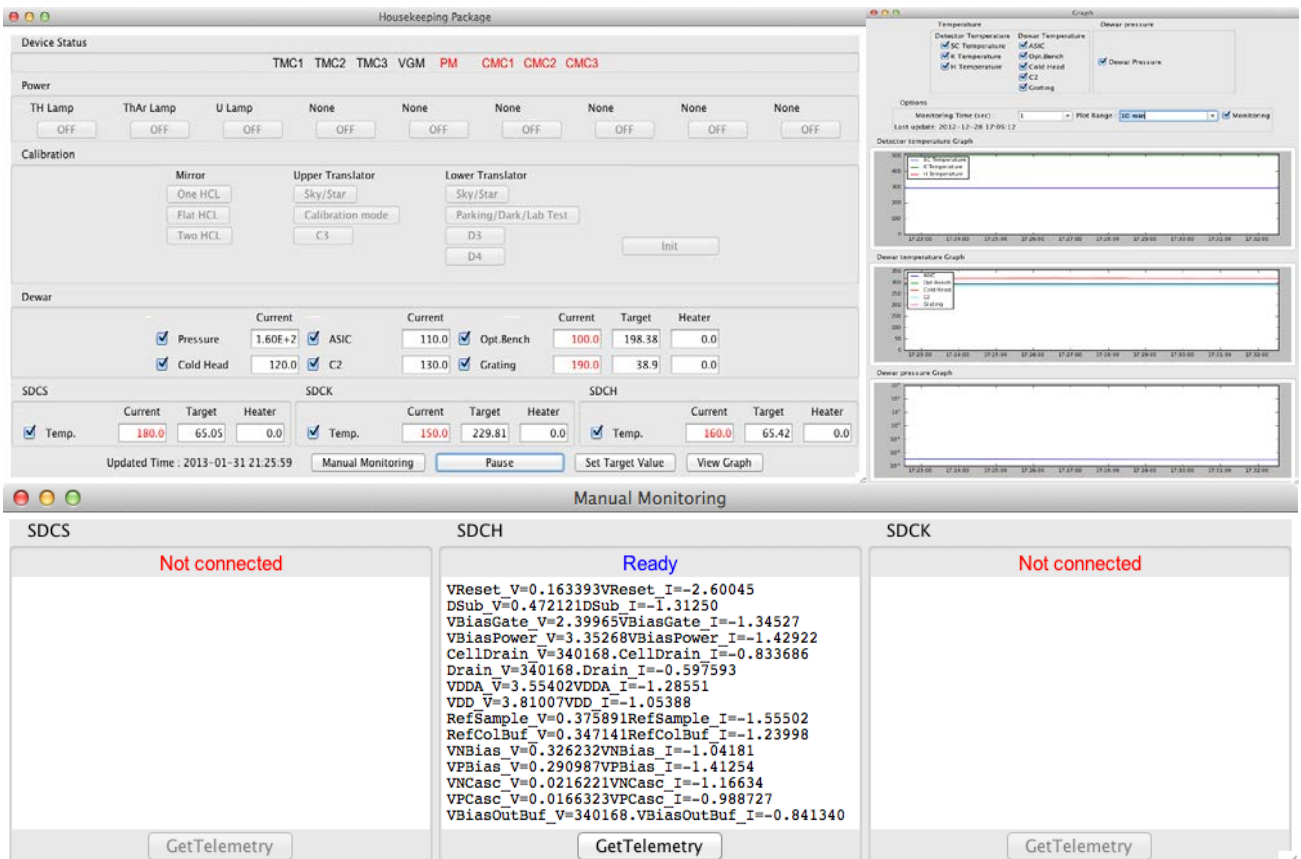


그림 3. Housekeeping Package

그림 3 은 Housekeeping Package 의 Main GUI, Graph, Manual Monitoring 을 나타낸다. Housekeeping Package(Hk-PKG)는 모니터링, 제어 및 경고 이렇게 3 가지의 주요 역할을 가지고 있다. 관측 기간 동안, 관측자는 매개 변수(온도, 압력, 모터의 위치, 전류와 전압, 램프의 On/Off) 상태의 변화를 계속 지켜봐야 하며, 그래프로 된 디스플레이에서 이 매개 변수의 시간적 변화를 관측자가 쉽게 파악할 수 있게 한다. 관측되는 매개 변수가 관측자가 사전에 설정한 한계 값을 넘어서는 경우, Hk-PKG 는 텍스트 색상의 변화와 점멸 등의 방법으로 가능한 한 빨리 관측자가 상황을 발견하게 한다. 또한, 모니터링 매개 변수는 검증을 위해 텍스트 파일의 형태로 정기적으로 기록되며, 경고상황 혹은 예외상황이 발생하는 경우, 문제가 발생한 원인을 확인할 수 있게 매개 변수의 값을 상세히 기록된다. Hk-PKG 는 기기의 비정상적인 행동으로 인해 잘못된 값을 전달하는 경우 즉시 확인을 해서 안전하게 기기를 가동하는데 도움이 된다.

Hk-PKG 를 실행하면, GUI 에 Device Status 가 있는데 TMC, VGM, CMC 의 연결 상태를 연결 된 경우에는 검은색, 연결이 되어 있지 않을 경우에는 빨간색으로 나타내어 관측자가 기기상태를 쉽게 확인할 수 있도록 하고 있다. Power 에서는 램프의 On/Off 상태를 확인 할 수 있으며, 버튼을 눌러서 On/Off 의 변경이 가능하다. Hk-PKG 에서는 3 개의 Calibration Motor 가 연결 되어있으며 Calibration 에서 3 개의 모터 위치는 버튼을 눌러서 지정된 위치로 이동 시킬 수 있다. Dewar 에서는 VGM 에서 받아오는 압력 값과, Clod dewar 에 설치된 온도 센서들의 값의 변화를 모니터링 할 수 있다. 압력 값은 기기의 안전 및 양질의 데이터를 생성하기 위해 중요하기 때문에 압력이 목표한 값에 도달하면, 관찰하는 동안 일정한 값을 유지해야 한다. SDCS/K/H 에서는 각각의 기기에 설치된 온도 센서들의 값의 변화를 모니터링 할 수 있다. 또한, Target Text Box 를 가지고 있는 센서들은 관측자가 원하는 값으로 설정할 수 있다. 관측한 이미지를 Detector 에서 프로그램으로 가져오는 동안 SDCS/K/H 는 안정적으로 구성되어있어야 하고, 전압 및 전류 모니터는 관찰자가 스펙트럼 이미지의 품질을 확인하는 것과 전자기기의 비정상적인 동작을 모니터링 하는데 도움이 되기 때문에 Manual Monitoring 을 통해 각각의 전류 및 전압을 확인할 수 있다. 이렇게 각 기기와 센서에서 받은 값들은 받아들 때마다 기록이 되며, 그 기록을 통해 Graph 창에서 원하는 주기, 원하는 Plot Range 로 도표화 해서 볼 수 있다.

3.2.2 Slit Camera Package

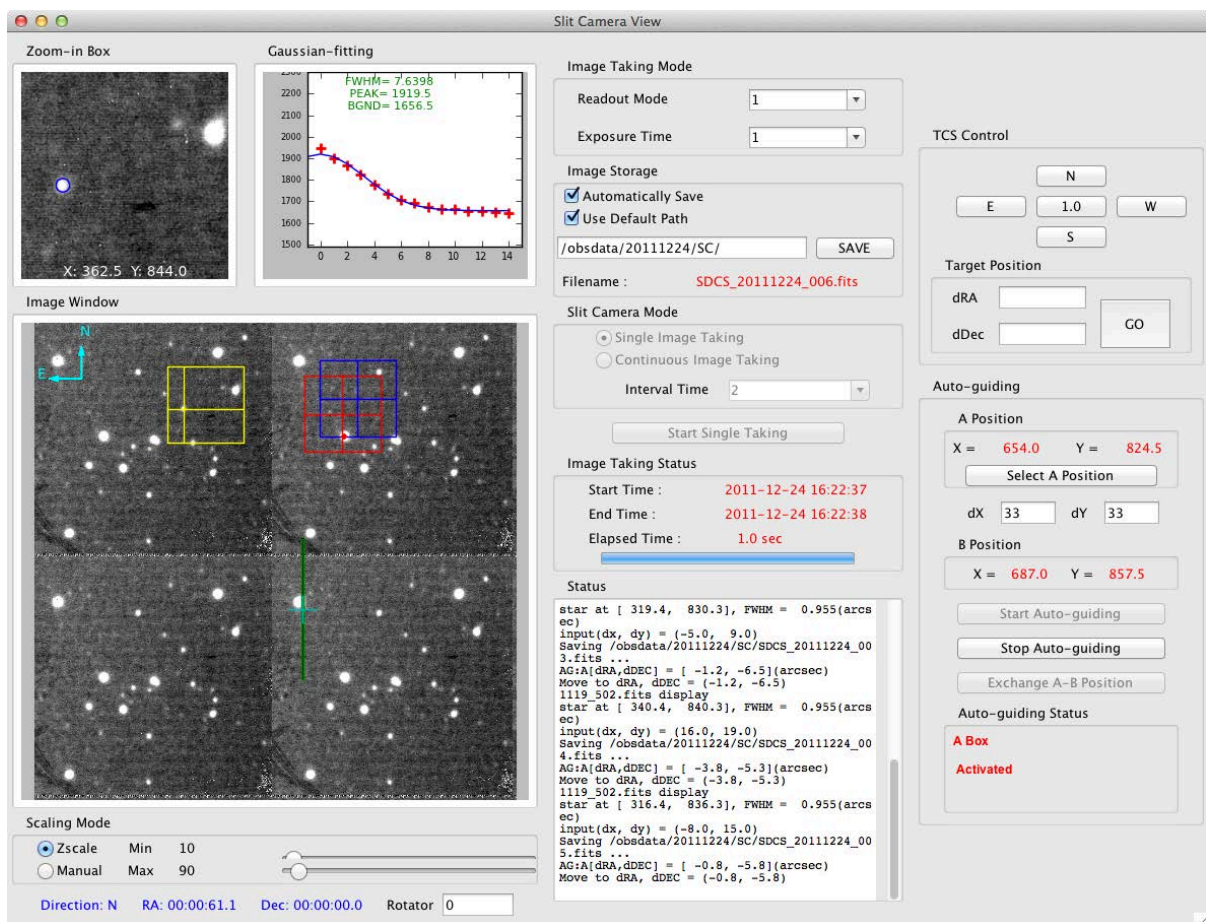


그림 4. Slit Camera Package

그림 4는 Slit Camera Package의 GUI를 나타낸다. Slit Camera Package(SC-PKG)는 Slit에서 대상의 효율적이고 정확한 취득과 Slit-Viewing Camera를 사용하는 IR auto-guiding function을 제공한다. 또한 이 패키지는 Slit-Viewing Camera의 작동을 제어해야 하고, 관찰자와 망원경 제어 시스템 모두에 유용한 데이터를 제공한다. SC-PKG에서는 망원경과 통신을 해서 망원경을 제어할 수 있으며, SDCS를 통해 최적의 초점 값을 찾은 후 대상 별의 PSF와 대상 별 주변의 배경 수준을 측정하고 별의 이미지를 얻어올 수 있다. 그리고 Auto-guiding을 통해 목표 별을 자동으로 추적할 수도 있다. 모든 상태와 상세한 매개변수 및 관측 절차는 Status 창을 통해 관측자가 볼 수 있으며 Log 파일로 저장이 된다.

SC-PKG의 주요 역할은 SDCS에서 FITs 파일을 가져오는 것인데 원하는 읽기 모드와 노출 시간을 선택해서 FITs 파일을 얻어올 수 있다. Slit Camera는 하나의 FITs 파일만 가져오는 Single Image Taking과 연속적으로 FITs 파일을 가져오는 Continuous Image Taking 이렇게 2개의 Mode가 있다. Start single Taking 버튼을 눌러 SDCS에 관측을 위한 명령어를 전송하고 성공적으로 FITs 파일을 가지고 오면, Image Window를 통해 FITs 파일과 Image Taking Status를 통해 시작시간, 종료시간, 경과시간을 확인할 수 있고 FITs 파일에 대한 정보는 Status 창에 출력이 된다. 그리고 Continuous Image Taking Mode로 하는 경우, 관측자가 원하는 시간 간격을 정하고 Start Continuous Taking 버튼을 누르면 관측자가 Stop 버튼을 누르기 전까지 연속적으로 FITs 파일을 Image Window에 출력한다. 마찬가지로 FITs 파일에 대한 정보는 Status 창에 출력이 된다. 또한, SDCS에서 받아온 FITs 파일에서 원하는 별을 클릭을 하면 Status 창에 클릭한 지점에 대한 정보가 출력이 되고 그 별을 Zoom-in Box를 통해 확대사진이 표시되고 Gaussian-fitting에 해당 그래프가 출력된다. Scaling Mode를 통해 Image Window 내의 스케일과 콘트라스트를 조절할 수 있으며, TCS Control에서 버튼을 눌러서 망원경이 찍는 위치를 변경할 수도 있다. 마지막으로 Slit Camera에서 찍힌 FITs 파일들은 지정된 위치에 저장이 된다.

3.2.3 Data Taking Package

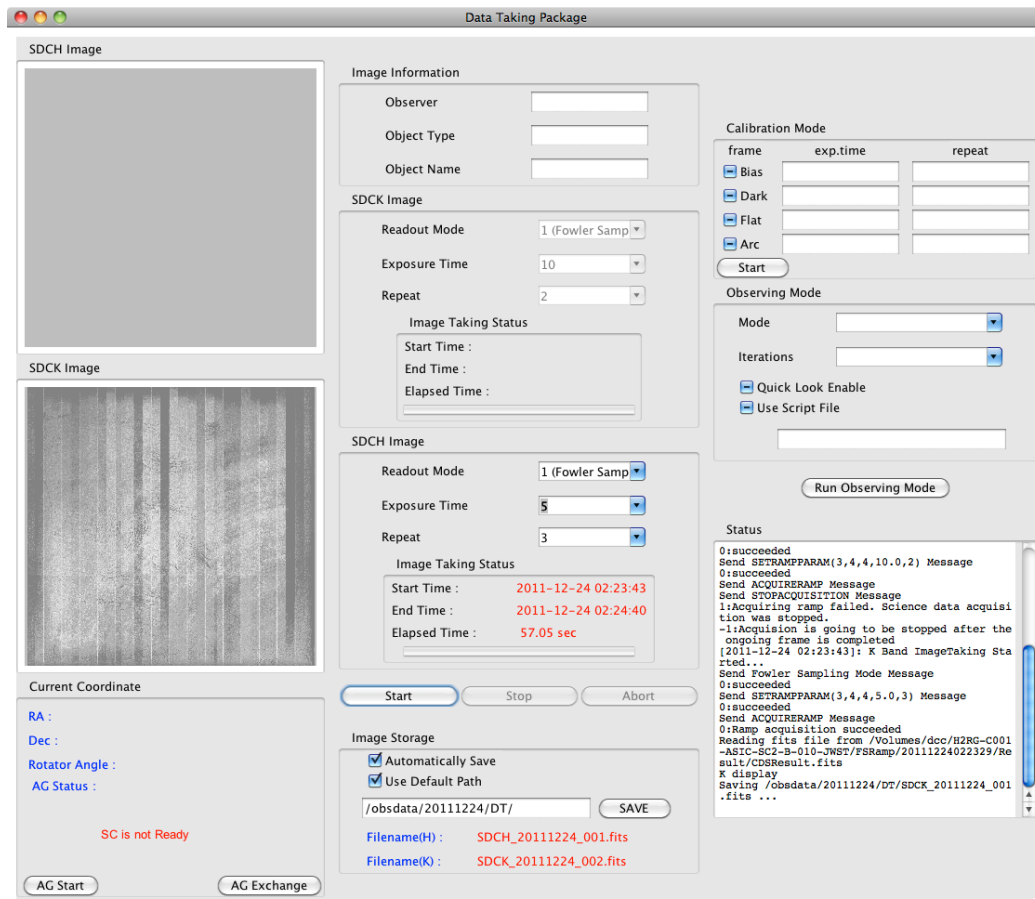


그림 5. Data Taking Package

그림 5는 Data Taking Package의 GUI를 나타낸다. Data Taking Package(DT-PKG)는 야간 관측을 하는 경우 미리 정의된 관측 시나리오대로 관측을 하는 패키지이다. DT-PKG는 승인된 모든 관측 모드에서 얻어온

데이터를 저장해야 하며, 작동되는 동안 기구와 망원경 설정에 관련 된 로그뿐만 아니라, 사용자 정보를 입력하는 기능을 제공해야 한다. 그리고 오프셋 값을 제어하기 위해 SC-PKG 를 통해 망원경과 통신을 한다. FITs 파일을 얻어오기 위한 명령어들을 SDCH/K 에 보내며, 읽기 모드, 노출 시간과 반복 횟수를 선택할 수 있다. IGRINS 에서 사용하는 FITS 파일의 헤더에 Slit position angle 이 입력되며, 모든 상태와 상세한 매개변수 및 관측 절차는 Status 창을 통해 관측자가 볼 수 있으며 Log 파일로 저장이 된다.

DT-PKG 는 관측 동안에 관측자가 IGRINS 분광기를 이용해 FITs 파일을 가져오기 위해 가장 자주 사용하는 주요 제어 프로그램이다. DT-PKG 가 실행되면 SDCH/K 의 On/Off 상태를 확인한 후 On 되어 있는 기기의 상태를 초기화한다. DT-PKG 의 주요 역할은 주어진 노출 시간에 SDCH/K 에서 FITs 파일을 가져오는 것인데 Start 버튼을 눌러 SDCH/K 에 FITs 파일을 가져오기 위한 명령어를 전송시키고 성공적으로 FITs 파일을 가지고 오면, SDCH/K Image 창을 통해 FITs 파일과 Image Taking Status 를 통해 시작 시간, 종료 시간, 경과 시간을 확인할 수 있고, FITs 파일에 대한 정보는 Status 창에 출력이 된다. 또한, DT-PKG 는 다른 패키지와의 통신을 해서 명령어 및 FITs 파일 전송을 할 수 있는데, SC-PKG 와 통신을 해서 A 또는 B 가이드 박스를 선택하는 명령어를 전송할 수 있으며, A 박스와 B 박스의 픽셀 값 및 망원경 위치 값을 가져올 수 있고, SDCH/K 에 초기화 명령어, FITs 파일을 가져오기 위한 명령어를 보내서 그에 대한 반환 값과 에러 메시지를 받을 수 있다. 그리고 FITs 헤더에 넣어야 하는 매개 변수들을 Hk-PKG 에서 받아들일 수 있다. 마지막으로 SDCH/K 에서 찍힌 FITs 파일들은 지정된 위치에 저장이 된다.

4. 결론 및 향후 계획

2012 년도에는 IGRINS Software 의 개발과 천문연구원 기기와의 연동시험을 완료하였으며, 2013 년에는 IGRINS Data Reduction Software 개발이 완료될 예정이다. 아울러 당초 2012 년도 예정한 UT/McDonald 천문대에서의 전체 IGRINS 기기와 소프트웨어의 통합 시험에 참여하여 최종 시험을 완수한 후, 시험시 발생한 사항의 유지보수 작업을 진행할 예정이다. 아울러 사용자 그룹에 대하여 소프트웨어를 개방하고, 이에 대한 피드백을 수렴하여 추가 기능에 대한 신규 개발 및 기존 기능의 유지보수가 이루어질 예정이다.

5. 참고 문헌

- [1] 장병탁 “2020 년의 과학과 컴퓨터과학기술의 도전과 기회” 2006. 12. 정보과학지 제 24 권 제 12 호
- [2] 디지털타임스, “세계경제 움직이는 `IT 융합` 새로운 패러다임”
http://www.dt.co.kr/contents.html?article_no=2011030202013832745002
- [3] Seoung-hyun Cho, Ho Jin, Uk-Won Nam, Sungho Lee, Kyung-Nam Kong, In-Soo Yuk, Youngsik Park, Soojong Pak, Wonyong Han, Sungsoo S. Kim “Development of the Readout Controller for KASINICS” in Proc. of SPIE Vol. 6269 62695Y-1
- [4] S. E. Persson, Robert Barkhouser, Christoph Birk, Randy Hammond, Albert Harding, E. R. Koch, J. L. Marshall, Patrick J. McCarthy, David Murphy, Joe Orndorff, Gregg Scharfstein, Stephen A. Sheckman, Stephen Smee, Alan Uomoto "The FourStar Infrared Camera" in Proc. of SPIE Vol. 7014 70142V-1
- [5] J. T. Rayner, D. W. Toomey, P. M. Onaka, A. J. Denault, W. E. Stahlberger, W. D. Vacca, and M. C. Cushing "SpeX: A Medium-Resolution 0.8- 5.5 Micron Spectrograph and Imager for the NASA Infrared Telescope Facility" Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 115:362-382, 2003 March
- [6] WON-KEE PARK, SOOJONG PAK, MYUNGSHIN IM, CHANGSU CHOI, YISEUL JEON, SEUNGHYUK CHANG, HYEONJU JEONG, JUHEE LIM, AND EUNBIN KIM “Camera for Quasars in Early Universe (CQUEAN)” PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC, 124:839- 853, 2012 August
- [7] Heeyoung Oh “The Calibration System for IGRINS, a High Resolution Near-IR Spectrograph” in KyungHee University August, 2010.
- [8] In-Soo Yuk, Daniel T. Jaffe, Stuart Barnes, Moo-Young Chun, “Preliminary design of IGRINS (Immersion Grating INfrared Spectrograph)” in Proc. Of SPIE Vol. 7735 77351M-1 August, 2010.
- [9] Python Tkinter, http://www.python-course.eu/python_tkinter.php.



권 봉 용

2012 경희대학교, 컴퓨터공학과 학사
2012 ~ 현재 경희대학교, 컴퓨터공학과 석사 과정
<관심분야> CCN Streaming



강 원 석

1998-2006 서울대학교 지구환경과학부 천문학 전공 (이학사)
2006-2011 서울대학교 물리천문학부 천문학 전공 (이학박사)
2011-2013 경희대학교 대학원 연구박사



조 응 준

2008 경희대학교, 컴퓨터공학과 학사
2010 경희대학교, 컴퓨터공학과 석사
2010 ~ 현재 경희대학교, 컴퓨터공학과 박사
<관심분야> sensor network, 6LoWPAN security, Botnet detection, and IDS for WSN.



홍 충 선

1983 년 경희대학교 전자공학과(공학사)
1985 년 경희대학교 전자공학과(공학석사)
1997 년 Keio University, Department of Information and Computer Science
(공학박사)
1988 년 ~ 1999 년 한국통신 통신망연구소 수석연구원/ 네트워킹 연구
실장.
1999 년 ~ 현재 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
<관심분야> 인터넷 서비스 및 망 관리구조, 미래인터넷, IP mobility,
Sensor Networks, Network Security



이 성 원

1998 년 8 월 경희대학교 전자계산공학과 공학박사
1998 년 4 월 ~ 1998 년 12 월 (주)미디어콤 책임연구원
1999 년 1 월 ~ 2008 년 2 월 (주)삼성전자 책임연구원
2008 년 3 월 ~ 현재 경희대학교 컴퓨터공학과 부교수
<관심분야> 이동통신, 이동통신서비스



박수중

1990년 서울대학교 천문학과(이학사)
1997년 Texas 주립대학교 천문학과(이학박사)
1997년 ~ 1998년 독일 막스플랑크 연구소(MPE) 박사후 연구원
1998년 ~ 2002년 서울대학교 천문학과 조교수
2001년 ~ 2002년 일본 우주과학연구소(ISAS)방문 교수
2002년 ~ 2006년 한국천문연구원 선임연구원
2006년 ~ 현재 경희대학교 우주과학과 교수
<관심분야> 적외선 관측기기 제작, 외부은하 및 별탄생 지역 관측 연구



천무영

1997.2. 서울대학교 대학원 천문학과 이학박사
1987.12. ~ 1989. 12. 서울대학교 자연과학대학 조교
1991. 3. ~ 현재 한국천문연구원 선임연구원



정의정

2011. 8. 경북대학교 대학원 천문대기과학과 이학석사
2009. 3. ~ 2010. 2. 한국천문연구원 보현산천문대 연구원
2011. 8. ~ 현재 한국천문연구원 핵심기술개발본부 전문연구요원



육인수

2006년 8월 : 서울대학교 대학원 천문학과 이학박사
1992년 9월 한국천문연구원 입사
2007년 2월 ~ 현재 한국천문연구원 책임연구원



김강민

2003년 8월 경북대학교 대학원 천문대기과학과 이학박사
1988년 3월 ~ 현재 한국천문연구원 책임연구원
<관심분야> 천체분광기기 , 항성 분광학



박 찬

2010년 5월 버지니아대학교(Univ. of Virginia) 천문학과 이학박사
2009년 1월 ~ 2010년 11월 한국천문연구원 위촉기술원
2010년 11월 ~ 현재 한국천문연구원 선임연구원
<관심분야> 적외선 천문학, 적외선 천문관측기기