

치를 mm(Normal Point) ~ cm(Single Shot)급으로 측정할 수 있는 고 정밀 추적 시스템으로 지구질량중심 및 국제 기준좌표계 결정, 인공위성 정밀 궤도 결정에 매우 큰 역할을 하고 있으며 최근에는 전 세계적으로 이슈가 되고 있는 우주 잔해물 연구에도 이용되고 있어 그 필요성이 점점 증대되고 있다. SLR 서브 시스템 중 하나인 망원경 시스템은 레이저 펄스를 송수신하는 역할을 하며, 레이저 펄스를 하나의 망원경으로 송수신하는 일체형 및 송신망원경과 수신망원경이 다른 송수신 분리형 망원경이 있다. 대부분의 SLR 망원경은 초점 길이에 비해 주경(포물면)-부경(쌍곡면)간 거리를 짧게 만들 수 있는 카세그레인 초점 방식을 많이 사용한다. 이 연구에서는 SLR 송수신망원경 시스템의 광학특성과 기술현황에 대하여 연구하였다.

[SLR-03] Satellite Laser Ranging 시스템을 이용한 지구기준좌표계 결정

전현석^{1,2}, 조성기², 임형철², 조중현², 박종욱², 이동규³
¹과학기술연합대학원. ²한국천문연구원 우주측지연구부.
³공군본부 전력기획참모부

이 연구에서는 위성 레이저추적(Satellite Laser Ranging, SLR) 시스템으로부터 산출된 정규점(Normal Point, NP) 자료를 이용하여 국내 최초로 지구기준좌표계를 결정하였다. SLR 시스템은 현존하는 인공위성 추적기술 중 가장 정밀한 관측방법으로, 관측소의 정확한 위치 및 미세한 변화를 획득할 수 있는 우주측지기술로서, mm 수준의 정확도를 제공한다. 이 연구는 SLR 시스템을 이용하여 지구기준좌표계를 결정하고자 하는 국내 최초의 연구로서, 이 연구를 위해 LAGEOS-1, LAGEOS-2, ETALON-1 및 ETALON-2 측지위성에 대하여 전세계에 배치된 총 58개 관측소에서 관측된 정규점(Normal Point, NP) 자료를 이용하였다. 지구기준좌표계를 결정하기 위하여 위성의 정밀궤도를 결정하였고, International Laser Ranging Service(ILRS)에서 제공하는 위성궤도력을 True값으로 가정하고, 궤도결정 후 얻어지는 관측값(Observation Value, O)과 계산값(Calculation Value, C)의 거리 측정잔차(Range Residual)의 평균값(Mean)과 Root Mean Square(RMS) 값을 비교하였다. 또한 지구기준좌표계 결정 결과를 검증하기 위하여 자료처리 결과의 재현성을 확인하였고, 산출된 위성궤도력 및 관측소 별 위치변화의 결과값을 ILRS 결과값과 비교하였다. 결과산출을 위하여 기존에 ILRS에서 제공하는 위성궤도력을 초기 궤도로 사용하여 궤도결정 후 전파된 위성궤도력과 ILRS 위성궤도력을 비교하여 검증을 수행하였고, 자료처리 결과, 관측소의 좌표 성분의 변화량 중 대부분 0.5mm 이하에 분포하여 우수한 재현성을 나타내었다. 결정된 지구기준좌표계의 관측잔차의 평균값은 2.57mm, 관측잔차의 RMS는 12.2mm 수준의 높은 정밀도를 얻을 수 있었고, 이 결과값은 ILRS 결과값과 비교시에 1.7배나 낮은 정밀도를 나타내지만, 향후 연구된 지구좌표계 결정 전략을 기반으로 관측소의 개수와 관측기간을 확대함으로써 보다 정밀한 지구기준좌표계를 결정할 수 있을 것이다. 이 연구를 통하여, SLR 정규점(NP) 자료를 사용한 정밀궤도 및 지구기준좌표계를 결정하여 정밀도를 확인하여 보았고, 타 정밀궤도결정 시스템 결과의 검증에 이 연구 결과가 적용되어질 수 있음을 확인할 수 있었다. 이 연구결과는 현재

천문연구원에서 개발 중인 우주측지용 레이저 추적체계의 개발이 완료되어 운영되어질 경우에 산출된 정규점을 활용하여 독자적인 위성궤도 및 지구기준좌표계 결정에 활용할 수 있을 것이다.

[SLR-04] 이동형 SLR 시스템(ARGO-M)의 요구사항 및 사양 분석

임형철, 이진영, 박종욱, 조중현, 임홍서, 서윤경, 방승철, 전현석
 한국천문연구원 우주측지연구부

한국천문연구원은 2008년부터 이동형 SLR 시스템(ARGO-M) 개발을 추진하고 있으며, 2011년부터 고정형 SLR 시스템(ARGO-F)을 개발할 예정이다. 2011년에 완성될 ARGO-M은 주야 관측이 가능하고, 원격운영이 가능한 시스템으로 5mm 이내(NP 기준)의 거리측정 정밀도를 갖는다. 특히 컨테이너 구조물에 설치되어 이동 관측이 가능하며, 관측 시에는 송수신 망원경, 추적마운트 및 레이저 시스템이 컨테이너에 분리되어 정밀관측이 가능한 구조를 갖는다. ARGO-M은 광학부, 광전자부, 레이저, 추적마운트 및 운영시스템의 5개 서브시스템으로 구성된다. 광학 망원경은 송수신 분리형 구조를 가지며, 송신 및 수신 망원경은 각각 10cm와 40cm 직경을 갖는다. 송신 레이저 및 수신 광 검출을 위해서 각각 photo diode와 C-SPAD 검출기를 사용하며, TOF (Time of Flight) 측정을 위해서 Event Timer로 RIGA ET-A032 모델을 사용한다. 특히 GOCE와 같은 저궤도 인공위성 레이저 추적을 위해서 빠른 RGG (Range Gate Generation) 수행이 요구되므로 FPGA안에 별도의 Event Timer를 갖는다. 레이저는 532nm 파장을 사용하며, 2KHz 반복율과 20ps 이내의 펄스 폭 및 펄스당 1mJ 정도의 에너지를 갖는다. 추적마운트는 고속구동과 정밀추적이 가능하도록 개발되며, 방위각 및 고도축으로 각각 20deg/s와 10deg/s Slew Rate를 갖고, Pointing 및 Tracking 정밀도가 5 arcsec 미만이다. 532nm 파장의 레이저는 항공기 조종사 시력에 심각한 피해를 줄 수 있으므로, 항공기 등 비행체 검출을 위해서 ARGO-M은 레이더 시스템을 구축하여 상시 비행체 감시를 통해서 운영될 예정이다. 또한, 자동으로 관측 스케줄링을 생성하고, 다양한 기상장비를 구축하여 원격 운영 및 일부 자동 운영 기능을 수행한다. 한국천문연구원은 ARGO-M 개발을 위해서 SRR 검토회의를 수행하였으며, 2009년 5월에 SDR 검토회의를 가질 예정이므로, 현재까지 확정된 ARGO-M에 대한 요구사항 및 사양이 논의될 것이다.

[SLR-05] 저궤도 위성의 레이저 거리측정을 위한 광전자부 구성

방승철, 임형철, 서윤경, 조중현, 박종욱
 한국천문연구원 우주측지연구부

한국천문연구원은 우주측지용 레이저추적 시스템 개발 사업을 추진하고 있다. 특히, 송수신 광전자부는 위성까지 거리를 구하기 위한 레이저의 출발 및 도착 시간 측정 기능을 수행한다. 송수신 광전자부의 구성은 광 검출기, 시간 측정기, 광전자 제어기로 구성된다. 광 검출기의 TLD(Transmit Laser Detector)는 송

신광을 검출하고 C-CPAD(Compensated Single Photon Avalanche Diode)는 수신광을 검출하고, Event timer는 정밀 시간 측정기능을 수행한다. 광전자 제어기는 운영 시스템의 명령에 의해 하위 컨트롤러의 제어 기능과 측정 결과를 운영 시스템에 전달하는 것 외에 측정 시 필요한 각 컨트롤러의 제어 신호를 생성하고 상태 감시 및 자체점검 기능을 수행한다. 광전자 제어기는 C-SPAD동작 시점을 결정하는 RGG(Range Gate Generation) 기능이 있는데 기존의 방식은 Event timer에서 측정된 레이저의 출발 시간을 이용하여 위성에서 반사된 레이저의 도착 시간을 예측하여 RGG를 동작 시킨다. 기존의 방식은 고궤도위성의 거리측정에는 문제가 없으나 저궤도 위성의 거리 측정은 Event timer의 시간지연(Delay)로 인해 고속의 저정밀 Event timer를 이용하여 SLR을 운영 하고 있다. 우리의 구성은 이러한 문제점을 해결하기 위한 것으로 RGG 전용 고속의 Event Timer를 구비하여 RG 신호를 생성할 수 있는 광전자부 구성을 제안한다. 이러한 구성은 정밀한 위성의 거리 측정은 Event timer를 이용하는 기존 방식을 유지하면서 저궤도 위성의 레이저 거리측정이 가능케 하는 장점이 있다. 또한, KHz SLR 시스템에서 송신광에 의한 잡음을 제거하기 위해 Laser Shift를 수행하는 광전자 제어기에 대해서 살펴본다.

[SLR-06] 이동형 SLR 시스템(ARGO-M)의 운영시스템 요구사항과 사양 도출 및 분석

서운경¹, 박종욱¹, 조중현¹, 임형철¹, 임홍서¹, 박인관¹,
¹한국천문연구원 우주측지연구부

한국천문연구원은 이동형 1기와 고정형 1기의 우주측지용 레이저 추적 시스템 개발을 목표로 현재 이동형 시스템 개발을 진행 중에 있다. 이동형 시스템 개발을 위해 2008년도에 시스템 요구사항 검토회의를 수행하였고, 금년 5월에 시스템 개념설계 검토회의를 계획하고 있다. ARGO-M 운영시스템의 요구사항 도출을 위하여 사전에 시스템 정의 및 개발 범위 등에 대해서도 함께 검토하였으며, 기능, 성능 및 인터페이스 부분으로 각각 분류하여 요구사항을 도출하였다. ARGO-M 운영시스템은 소프트웨어 개발을 기반으로 하는 운용 및 제어시스템 분야와 운용을 위해 필수적으로 요구되는 하드웨어를 기반으로 하는 운용 장비 및 설비 분야로 시스템을 나눌 수 있다. 또한 ARGO-M 운영시스템은 한국천문연구원 내에 위치할 원격운용센터에서 원격 운용이 가능하며, 측지용 위성 관측 시 위성 포착 및 추적, 최종 산출물 생성에 이르는 대부분의 과정을 자동으로 수행이 가능하도록 하는 운용 개념을 기반으로 시스템 구성 및 요구사항을 도출하였다. 현재는 도출된 요구사항 및 사양을 분석하는 단계로써 소프트웨어 개발에 해당되는 부분은 Unified Modeling Language를 이용하여 사용자의 요구를 정확히 분석하고자 하며, 하드웨어 부분은 일반적인 사양에서 좀 더 나아가 기술적인 사양 및 성능 등의 분석을 실시하여 향후 이를 설계 단계에 적용하고자 한다.

■ Session : 특별세션 KGMT (KG)

4월 29일(수) 09:00 - 10:30 제1발표장

[KG-01] 대형광학망원경 개발사업(K-GMT)

박병곤, 김상철, 김영수, 김호일, 박귀중, 박찬, 여아란, 육인수, 이성호, 천무영
 한국천문연구원

한국천문연구원은 대형광학망원경 개발사업으로 미국 카네기 연구소가 주도하는 거대 마젤란 망원경 (GMT; Giant Magellan Telescope) 개발사업에 참여하게 되었다. 총 사업 기간은 10년이며 우리나라는 10% 지분 확보를 비롯, 기술개발 및 연구역량 개발 등을 사업 내용으로 하여 2009년부터 사업을 시작하게 되었다. 이 사업의 예산이 확보됨에 따라 한국천문연구원은 2009년 2월 6일 GMT 사업 공식 참여 협정서에 서명을 하였다. 이 발표에서는 GMT 사업의 개요와 사업의 현황, 우리나라의 대형 광학망원경 개발사업 (K-GMT; Korean GMT) 주요 내용 및 2009년 사업 추진 계획에 대하여 발표한다.

[KG-02] GMT 부경 시스템 개발 계획

김영수¹, 박귀중¹, 문일권², 정나련^{2,3}, 박병곤¹, 여아란¹, 천무영¹, 육인수¹, 이성호¹, 박찬¹, 김상철¹, 김호일¹, 양호순², 이윤우²
¹한국천문연구원, ²한국표준연구원, ³금오공대

GMT(Giant Magellan Telescope) 개발 사업의 하나로, GMT의 부경을 국내에서 개발하고자 한다. GMT의 부경에는 tip-tilt 기능을 가진 부경인 FSM (Fast Steering Mirror)과 적응광학 기능을 갖는 ASM(Adaptive Secondary Mirror)이 있다. 우리는 이 중 FSM 시스템을 개발하기 위해 계획을 세우고 추진하는 중이다. 우선 실물크기의 prototype을 설계하여 시험제작하는 것이다. 이 논문에서는 GMT 부경 시스템에 대하여 알아보고, prototype의 개발 계획에 대하여 논한다.

[KG-03] GMT 부경 (M2)의 초기 설계

문일권¹, 정나련^{1,3}, 김영수², 박귀중², 양호순¹, 이윤우¹
¹한국표준과학연구원 우주광학센터, ²한국천문연구원 광학천문연구부, ³금오공과대학교 물리학과

Tip/tilt 가 가능한 GMT 부경 (Fast Steering Mirror, M2)은 1 m 급의 축상 비구면 거울 1개와 비축 비구면 거울 6개로 구성되어 주경 7개와 1:1대응하도록 설계 되었다. F/0.7의 부경 시스템은 중력과 외부의 동력적인 변형을 보상하기 위하여 최적의 경량화 구조가 필수적이다. 부경의 경량화는 물론 부경지지 구조의 초기 설계를 위하여 유한요소 해석 (Finite Element Analysis) 통한 다양한 외부영향에 의한 구조적인 변형을 해석 하고, 이를 통한 광학적인 성능을 분석하여 초기 설계를 최적화 하였다.

[KG-04] 적외선 고분산 에셀 분광기 IGRINS 광학계 설계

육인수¹, 천무영¹, 이성호¹, 박찬¹, 박귀중¹, 박수종², 권정미¹, 오희영^{1,2}, Stuart I. Barnes³, Daniel T. Jaffe³

¹한국천문연구원, ²경희대학교, ³University of Texas at Austin