this study, precision orbit determination with SLR observations considering range bias estimation is presented. The Yonsei Laser-ranging Precision Orbit Determination System (YLPODS) and SLR NP (Normal Point) observations of CHAMP satellite are used for this work. The SLR residual test is performed to estimate the range bias of each arc. The result shows that we can get better orbit accuracy through range bias estimation.

[Ⅰ-2-4] 섭동을 고려한 위성편대비행 연료 최적 재배치 문제에 대한 근사 해석해 연구

이상진 , 박상영
연세대학교 천문우주학과 우주비행제어 연구실

이 연구에서는 기존 선형 상대운동방정식에 차등중력, 주위성의 이심율, J2 섭동 등의 비선형항을 추가하여 보다 정확한 상대운동방정식을 만든 후 섭동이론을 적용하여 위성편대 연료최적화 재배치 문제에 대한 근사 해석해를 구하고자 한다. 먼저, 비선형 섭동항을 테일러 급수를 이용하여 2차항까지 전개한 후, 이를 기존 선형상대운동방정식에 추가하여 새로운 비선형 상대운동방정식을 만든다. 이 때 사용된 선형상대운동방정식은 힐스 방정식으로 주위성의 궤도가 일반적인 타원이고 위성 간 상대거리가 충분히 가깝다고 가정한다. 최적화 조건으로부터 상태벡터와 라그랑지 곱수로 이루어진 연립 미분방정식이 만들어 지는데, 이 식은 힐스 방정식에 기인한 선형부분과 2차 비선형항에 기인한 섭동부분으로 나뉜다. 이 때, 이 연립미분방정식의 해는 선형부분의 해와 섭동으로 인한 변화량의 합으로 근사할 수 있으며 그 변화량은 섭동이론을 적용하여 얻을 수 있다. 이와 같이 얻어진 해는 여러 섭동의 비선형항을 2차까지 포함한 상대운동방정식을 사용했기 때문에, 기존 선형상대운동방정식을 사용하여 구한 최적해 보다 더 정확한 결과를 얻을 것이라 예상한다.

[Ⅰ-2-5] 최적궤도를 이용한 SAR 위성 검보정 일정 수립

윤재철[1], 윤효상[2], 민승현[2]
[1]한국항공우주연구원, [2](주)쎄트렉아이

영상레이더 위성으로부터 획득된 SAR 영상의 상대적/절대적 방사(radiometric) 정밀도를 만족시키기 위해서는 궤도상에서 검보정을 수행하여야 한다. 일반적으로 상대 방사 정밀도의 보정을 위해서는 아마존 일대와 같이 일정한 지표 반사도를 지니는 넓은 지역을 촬영함으로써, 지상에서 모델링된 안테나 패턴의 이상유무를 검증한다. 절대 방사 정밀도를 결정하기 위해서는 보정계수(calibration constant)를 구해야 하는데, 이를 위해서 RCS (radar cross section) 값이 기 알려져 있는 지상의 CR(corner reflector)를 관측해야 한다. 대부분의 SAR 위성의 경우, 각 입사각별로 여러 개의 빔(beam)이 독립적으로 운용되고, 위성의 경로가 각 pass 사이 거의 일정한 간격을 가지기 때문에, 지상의 CR들에 대한 빔의 접근성이 상당히 제약을 많이 받게 된다. 즉, 개별 빔이 촬영할 수 있는 CR의 개수 및 동일 CR에 대한 촬영 빈번도가 많이 작을 수 있다는 것을 의미한다. 특히, CR이 빔폭의 중심에서 관측되어야 하는 요구사항이 추가로 반영될 경우 그 빈도수는 더욱더 영향을 받게된다. 이 연구에서는 고도 550 km, 28일의 지상반복주기(repeat ground track)를 가지는 여명궤도(dawn-dusk orbit)를 가정하고, 각 빔별로 그 빔에 할당된 하나의 CR만을 촬영해야 된다는 조건하에, 빔 접근성의 요구사항을 최대로 만족시킬 수 있는 CR의 좌표들을 구하였다. 동시에, J2항만을 고려한 이상적 28일 지상반복궤도를 적용한 경우와 모든 중력섭동항을 적용한 최적궤도를 적용한 경우를 비교하여, 실질적 검보정 일정을 수립하였다.

■ Session : 궤도 II
4월 29일(목) 16:30 - 17:50 제2발표장

[Ⅱ-2-1] 저추력을 이용한 저궤도 위성의 궤도 유지 위한 해석적 방법

박종수[1], 박상영[1], 고동욱[2], 김병진[2]
[1]연세대학교 우주비행제어연구실, [2]SATREC-i

위성이 궤도를 운용함에 있어서 원으로 운용되는 저궤도(LEO)에서는 대기저항(Drag)에 의한 섭동 영향이 가장 크게 미친다. 이 연구에서는 대기저항 섭동에 의해 감소되는 위성의 고도를 전기추력기를 이용하여 고도를 유지할 때 이를 해석적인 측면에 대해 살펴보고 지구 관측 위성에서 많이 쓰이는 태양 동기 궤도(SSO)에 적용하여 궤도를 유지하는 방법에 대해 알아보았다. 태양활동에 의한 대기의 밀도변화를 John kennewell의 모델을 통해 예측하여 대기저항에 의해 감소되는 고도량을 구하고 위성에서 추력(thrust)을 줄 때는 Gaussian Variation of Parameters 식을 이용하여 해석적인 방법으로 궤도 장반경의 증가량을 구하였다. 위성에 추력을 줄때 이심률이 증가하게 되는 문제는 구속조건으로 이심률 값의 최대 허용치를 정하여 증가하는 것을 방지하도록 하였다. 또한 J_2 섭동에 의해 가장 영향을 받는 승교점(Ascending Node)과 추력에 의해 변화할 수 있는 근지점(Perigee)을 살펴보고 궤도 유지를 위한 적절한 추력 방향을 구하였다. 각각의 궤도 요소의 변화를 살펴보고 일반적인 태양 동기 궤도 위성의 제원을 이용하여 궤도 유지에 적용하였다. 저궤도 위성의 궤도 유지에 대한 복잡한 수치적인 방법으로 궤도요소의 변화를 정확하게 구하지만 해석적인 방법으로도 위성의 궤도 유지를 위한 정보를 얻을 수 있었다. 이를 저궤도 위성의 궤도 운용과 변화 예측에 적용할 수 있다.

[Ⅱ-2-2] 달 탐사선의 항행해 결정을 위한 심우주 예비 항법 소프트웨어의 개발

김재혁[1], 송영주[2], 박상영[1]
[1]연세대학교 천문우주학과, [2]한국항공우주연구원

이 연구는 심우주 추적망(Deep Space Network) 측정 시스템의 구현을 위한 한국형 심우주 항법 예비 소프트웨어(Korean Deep Space Orbit Determination Program version 1; K-DSODP ver.1)의 개발을 목표로 한다. 연구의 주 내용은 심우주 항법을 위한 기초 기술 연구로 지구로부터 달까지 진행하는 탐사선의 궤적 추정에 대한 것이며, 연구의 시작에 앞서 사용될 관측 데이터를 얻기 위해 한국형 심우주 항법 관측데이터 생성 소프트웨어(Korean Deep Space Observation Data Generation Program version 1; K-DSODGP ver.1)를 개발하여 사용하였다. 임의의 잡음이 추가된 가상의 관측 데이터를 생성한 후, 이 관측 데이터를 실제 궤도로 상정하여 기하학적인 관측 모델을 수립하였고,

일정한 시간 간격동안 모은 임의의 관측 데이터를 가지고 궤도 결정을 수행하여 추정된 궤도를 전파하였다. 궤도 결정 알고리즘을 구성하기 위해 기본적인 좌표계, 탐사선에 미치는 지구의 중력에 대한 동역학 모델, 천체력과 탐사선의 동역학 모델로 구성된 관측 모델들을 유도하였으며, 탐사선의 위치와 속도를 추정하는 과정에서 가중치 최소 자승법을 적용하여 추정 궤도와 실제 궤도의 최소화를 유도하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 요구한 시각의 탐사선의 위치와 속도를 결정하는 궤도결정 시스템을 구현하였고, 궤도 결정 시스템의 성능을 평가하기 위해 전파된 궤도와 실제 궤도의 차이를 분석하였다. 결과적으로 300초마다 관측데이터를 받을 경우, 2일 이상의 궤도결정 시간간격을 상정했을 때 평균 오차는 각각 약 0.26km RMS(range), 6.84km/s RMS(range-rate) 이내의 결과를 얻었고, 600초마다 관측데이터를 받을 경우, 평균 오차는 각각 약 0.30km RMS (range), 6.35km/s RMS(range-rate) 이내의 안정적인 결과를 얻었다. 이 연구의 결과를 통하여 추후 심화된 심우주 항법 소프트웨어 개발을 위한 기반이 마련될 것이다.

[II-2-3] 위성항법기반 항법장비의 병렬 구성을 활용한 안전성 향상

강우용, 박재익, 이은성 ,허문범
한국항공우주연구원 우주응용·미래기술센터 위성항행항법팀

GPS(Global Positioning System)로 대표되는 위성항법시스템(GNSS: Global Navigation Satel lite System)은 우주공간의 위성을 이용하여 사용자에게 위치와 함께 시각 정보를 제공해 준다. 위성항법시스템은 항법 분야 뿐 아니라 측량, 측지를 비롯하여 정밀 시각동기 및 지각변동의 측정까지 다양한 분야에서 활용되고 있다. 항법분야에 있어서 위성항법시스템의 오차를 제거한 정밀한 위치 정보를 이용하여 이동체에 활용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 위성항법을 움직이는 이동체에 적용할 경우 주변 환경에 따라 위성항법 신호의 오차가 증가하여 급격한 위치 오차를 유발하므로 추가적인 센서 사용을 통하여 안전성을 향상시킬 필요가 있다. 이 논문에서는 위성항법 기반의 위치정보와 이동체에 부착되어 있는 센서 정보를 병렬적으로 사용하는 주행시스템을 구성하고 주행 시험을 수행하였다. 이동체에 부착되어 있는 센서 정보를 이용한 주행시스템의 경우 이동 거리를 측정할 수 있는 엔코더와 조향각을 측정할 수 있는 포텐셔미터 그리고 차량 모델을 이용하여 구성하였다. 시험 결과 위성항법 기반의 위치 정보와 이동체의 센서 정보를 이용한 위치 오차의 차이는 0.4m 이내로 위성항법 신호에 급격한 오차가 들어오는 경우 이동체의 센서 정보를 이용하여 감지할 수 있음을 확인하였다.

[II-2-4] GNSS 시뮬레이터를 이용한 이동체 운동궤적의 시각동기화 기술 연구

박재익, 이은성, 강우용, 허문범
한국항공우주연구원 우주응용·미래기술센터 위성항행항법팀

항법분야에 있어서 위성항법시스템의 다양한 오차를 제거한 정밀한 위치 정보를 이용하여 이동체에 활용하는 연구가 진행되고 있다. 실제 환경에서 이동체를 이용한 항법실험을 수행하기 전 실제 환경과 유사한 가상의 실시간 테스트베드를 구축하여 알고리즘 테스트 및 검증 실험을 수행하려 한다. 이를 위해 이동체의 운동을 시뮬레이션하는 운동궤적제어시스템과 실제의 항법신호를 시뮬레이션하는 GNSS 시뮬레이터 사이의 시각동기화는 실시간 시뮬레이션을 구현하기 위해 필수적으로 요구된다. 동기화 되지 않은 시각정보는 이동체 운동궤적제어시스템에 의해 생성된 실제의 궤적과 GNSS 시뮬레이터로부터 생성된 궤적사이의 오차를 유발하여 항법수신기의 부정확한 항법신호를 유발한다. 이 연구는 GNSS 시뮬레이터를 이용한 실시간 테스트베드의 구축에 있어 필요한 이동체 운동궤적의 시각동기화 기술 개발을 목표로 한다. GNSS 시뮬레이터는 Spirent 사의 GPS 시뮬레이터가 사용되었다. 이동체의 위치, 속도, 가속도와 같은 움직임을 나타내는 운동에 관한 명령은 적용되어야 하는 정확한 시각이 함께 전송되므로, 이는 그 시각 이전에 GPS 시뮬레이터에 도달해야 한다. 따라서 1초(1 Hz) 또는 0.1초(10 Hz) 사이에 원격제어시스템과 GPS 시뮬레이터사이의 시각 동기화를 구현하였다. 시뮬레이터와의 시각정보 동기화를 위해 Amplicon사의 PCI-215 타이머카드를 이용하였고, 그 결과, 이동체 운동궤적제어시스템과 시뮬레이터의 시각정보를 10^{-3} 내의 위치오차를 가지는 정밀도로 동기화됨을 확인할 수 있었다.

■ Session : 고층대기
4월 29일(목) 14:00 - 15:40 제3발표장

[I -3-1] 남극세종기지(62°S, 57°W) 유성 레이더로 관측한 중간권계면에서의 중량파 특성

이창섭[1], 김용하[1], 김정한[2], 최종민[1], 지건화[2]
[1]충남대학교 천문우주과학과, [2]극지연구소

남극세종기지 상공 중간권계면에서의 중량파(gravity wave)를 연구하기 위해 세종기지 유성 레이더로 관측한 유성 에코를 분석하였다. 2007년 이후 유성 에코의 공간적 이동으로부터 유성 관측 고도에서의 수평 바람 정보를 지속적으로 수집해왔다. 80-100 km 고도에서의 바람 프로파일에서 지구 규모의 성분인 평균 바람(Mean wind), 대기 조석 효과(Tides)를 제거하여 국지적인 규모의 중량파에 의한 바람 변화폭(wind variance)을 결정하였다. 월 단위로 평균한 결과로부터 중량파가 계절과 고도에 대한 뚜렷한 특징을 보이고 있음을 확인하였다. 남극 지역에서의 중량파는 동서방향의 바람(zonal wind)와 저층 대기의 남극 소용돌이(vortex)와 깊은 관련이 있을 것으로 생각된다. 남극 반도에 위치한 Rothera 기지에서의 관측 결과와의 비교를 통하여, 남극 반도에서 발생하는 중량파가 중간권과 저층 대기 사이에서 어떤 역할을 하는 지를 확인할 수 있을 것으로 기대한다.

[I -3-2] Seasonal Variation of Meteor Decay Times Observed at King Sejong Station (62.22°S, 58.78°W), Antarctica

Jeong-Han Kim[1], Yong Ha Kim[2], Chang-Sup Lee[2], and Geonhwa Jee[1]
[1]*Korea Polar Research Institute, Korea*
[2]*Astronomy & Space Science, Chungnam National University, Korea*

A VHF meteor radar at King Sejong Station (62.22°S, 58.78°W), Antarctica has been observing meteors during a period of March 2007-July 2009. We analyzed the height