

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<sup>1</sup>, 박상영<sup>1</sup>  
연세대학교 천문우주학과 우주비행제어 연구실

이 연구에서는 기존 선형 상대운동방정식에 차등중력, 주위성의 이심률, 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 예상된다.

**[ I-2-5] 최적궤도를 이용한 SAR 위성 검보정 일정 수립**

윤재철<sup>1</sup>, 윤효상<sup>2</sup>, 민승현<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>한국항공우주연구원, <sup>2</sup>(주)씨트렉아이

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 이상 유무를 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 제약이 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 여명

궤도(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<sup>1</sup>, 박상영<sup>1</sup>, 고동욱<sup>2</sup>, 김병진<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>연세대학교 우주비행제어연구실, <sup>2</sup>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<sub>2</sub> 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 궤도 요소의 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<sup>1</sup>, 송영주<sup>2</sup>, 박상영<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>연세대학교 천문우주학과, <sup>2</sup>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,