

족하는 계획된 목표궤도인 기준궤도를 설계하였다. 기본적으로 기준궤도는 임무 설계 시 완전한 주기성이 고려된 최대한 실제에 가까운 궤도이기 때문에 지구중력장 모델만을 고려하여 간략하게 설계하였다. 둘째, 실제의 인공위성의 궤도는 계획된 기준궤도를 유지해야 하지만 시간에 따라 섭동력의 영향을 받아 계획된 궤도로부터 벗어나게 된다. 기준궤도로부터 실제궤도가 얼마나 벗어나는지에 대한 정량적 분석을 위해 지구 중력장, 달-태양 중력, 대기저항력, 태양복사압, 조석력 등과 같은 다양한 섭동력의 영향에 대한 분석을 수행하였다. 셋째, 반경방향(radial), 진행방향(along-track), 교차방향(cross-track)의 세 방향의 성분으로 구성된 우주공간오차(Space Error) 개념을 적용하여, 투영된 지상궤적에 상응하는 오차를 계산하는 것 보다 안정적으로 오차를 계산하였다. 또한 운용요구사항에 따라 허용된 범위 내에서 궤도를 유지하기 위해 GVE(Gauss Variation Equation)을 이용한 궤도조정을 수행하였다. 섭동력의 분석 결과로부터 지구대기저항력, 달-태양 중력으로 인해 가장 두드러지는 장반경과 궤도이심률의 변화를 조정하기 위해, 임무에 사용되는 추력기의 연료 효율을 고려하여 동결궤도가 유지될 수 있는 최적의 위도이각에서 In-plane에 대한 궤도조정만을 수행하여 장반경과 이심률을 동시에 조정하였다. 지구대기와 태양활동의 영향으로 시간에 따른 장반경의 변화율에 따라 궤도조정 주기를 가지는 것을 알 수 있었고, 이 변화율 때문에 생기는 우주공간오차의 증가를 보정하여 위성의 지상궤적을 목표범위 안에서 유지할 수 있었다.

[V-2-2] 달궤도선 임무 해석을 위한 궤도전파기 개발 및 궤도선의 수명 분석

송영주¹, 박상영¹, 최규홍¹, 김해동², 심은섭²
¹연세대학교 천문우주학과 우주비행제어 연구실,
²한국항공우주연구원

미래 한국의 달궤도선 임무에 대비하여 달 근접 궤도 전파기인 (orbit propagator) YSPLOP ver. 1(Yonsei Lunar Precise Orbit Propagator version 1)을 개발 하였다. 개발된 궤도 전파기의 성능은 상용 소프트웨어인 STK Astrogator를 이용하여 검증되었다. 개발된 궤도 전파기를 이용, 달 궤도선의 운용에 있어서 다양한 섭동력들이 궤도선의 수명(orbital decay)에 미치는 영향을 분석하였다. YSPLOP ver. 1은 정밀한 달 중심 탐사선의 위치 산출을 위하여 M-EME2000 (Moon-Centered, Earth Mean Equator and Equinox of J2000) 좌표계, M-MME2000 (Moon-Centered, Moon Mean Equator and IAU vector of epoch J2000) 좌표계 그리고 M-MEPMO (Moon-Centered, Moon Mean Equator and Prime Meridian) 좌표계를 이용하여 탐사선의 상태(state) 정보를 산출한다. 또한 태양, 지구, 달, 화성, 목성의 중력에 의한 섭동력 및 태양풍에 의한 영향을 포함할 수 있도록 설계되었으며, 달 근접 궤도선의 궤도 운동에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 섭동력인 달의 비대칭 중력장에 의한 영향 또한 고려하도록 하였다. 달의 비대칭 중력장 모델(Lunipotential model)은 LP165p 모델이 사용되었으며 행성의 정밀한 위치 산출을 위하여 JPL의 DE405 천체력이 사용되었다. 개발된 궤도 전파기를 이용, 달고도 100 km, 궤도 경사각 90°인

달 중심의 극궤도를 약 30일 동안 전파한 결과, YSPLOP ver. 1의 성능은 STK Astrogator와 비교하여 보았을 때 약 수 m의 오차를 보이는 것으로 확인되었다. 달의 극궤도 탐사선의 궤도 수명을 분석한 결과, 최소한 달의 비대칭 중력장이 70 by 70 이상으로 고려되어야 함을 확인하였으며 이때 달 궤도선의 수명은 약 160일로 나타났다. 아울러 달 근접 환경에서의 지구 중력에 의한 섭동력은 달 궤도선의 운동에 있어서 무시 할 수 없는 정도의 많은 영향을 끼치고 있음을 확인하였다. 이 연구를 통하여 개발된 궤도 전파기는 미래 한국의 달 궤도선 및 착륙선의 임무 설계시 사용 될 수 있다. 또한 이 연구에서 제시된 달 근접 환경에서의 다양한 섭동력들이 달 궤도선의 운동에 미치는 영향에 대한 해석 결과는 추후 달 근접 임무 설계시 고려되어야 하는 섭동력들의 기본 사양을 제공할 것이다.

[V-2-3] 대전 지상국의 가시성을 고려한 달천이(TLI) 및 달포획(LOI) 기동의 달탐사 최적 궤적 설계

우진¹, 송영주¹, 박상영¹, 최규홍¹, 김해동², 심은섭²
¹연세대학교 천문우주학과 우주비행제어 연구실,
²한국항공우주연구원

이 연구에서는 달천이(TLI: Trans Lunar Injection) 및 달포획(LOI: Lunar Orbit Injection) 기동 시 대전 지상국의 가시성을 고려한 최적의 임무를 설계하였다. TLI 기동은 탐사선이 지구 주차궤도에서 지구-달 천이궤적으로 진입하기 위하여 주어지는 기동이며, LOI 기동은 탐사선이 지구-달 천이궤적에서 달의 중력권으로 진입하기 위하여 주어지는 기동이다. TLI 및 LOI 기동 시 대전 지상국에서의 가시성의 확보는 실제적인 미래 한국의 달 탐사를 대비하였을 때 중요한 요소이다. 따라서 이 연구에서는 TLI 및 LOI 기동 시 대전 지상국에서의 가시성을 모두 고려하여, 최소연료로 지구 주차궤도에서 달 임무궤도 진입까지의 모든 단계에 대해 임무설계를 실시하였다. TLI 및 LOI 기동 시 추력은 순간 추력(Impulsive thrust)로 가정하였으며, KSLV-II 발사체의 성능을 적용하여 설계하였다. 임무 설계 시 태양, 지구, 달의 섭동력을 고려한 N체 운동 방정식을 탐사선에 적용하였으며, 지구의 비대칭 중력장, 태양 복사압, 달의 J2 섭동에 의한 영향도 고려하였다. JPL의 정밀 천체력인 DE405를 사용하였고, 상용 소프트웨어인 SNOPT(Spares Nonlinear OPTimizer)를 이용하여 비행 궤적의 최적해를 도출하였다. 임무 설계 결과를 통해, 대전 지상국의 가시성을 고려한 TLI 및 LOI 기동의 크기에 의한 임무 설계의 분석을 수행하였다. 또한 최적화된 달 탐사 임무의 단계별 기동의 크기와 지구-달 천이 궤적의 형상 및 다양한 임무 요소들의 해석을 도출하였다.

[V-2-4] NORAD TLE 및 정밀 궤도정보를 이용한 운용위성-우주파편 간의 충돌 불확실성 해소 방안

최수진, 정옥철, 김해동, 정대원, 김학정
 한국항공우주연구원

인류가 위성을 발사하기 시작하면서 수많은 우주파편이 발생하게 되었고 이로 인하여 우주파편 환경은 날이 갈수록 심각해지