

Equatorial Plasma Bubble (hereafter, EPB) is a common feature in low-latitude F-region during the night time. Since EPB causes significant impacts on the satellite communication and navigation systems, its accurate forecast is highly demanded by the GNSS users. Thus, further understanding of these features and their configuration is a challenging issue in space weather studies. The day-to-day variability of the plasma bubble activity was investigated by analyzing the TIMED/GUVI, ROCSAT-1, DMSP, and CHAMP satellite data. The pre-reversal enhancement (PRE) is known as the most important single parameter for the onset of plasma bubbles but we do not know yet to what extent the day-to-day variability of the bubble activity can be attributed to the PRE. We obtained the magnitude of the PRE from ROCSAT-1 and the occurrence of bubbles in relation to the PRE was investigated by using the coincident observations of EPBs from TIMED/GUVI, DMSP, and CHAMP. By conducting one-to-one comparison of the PRE characteristics with the EPB occurrence we examined the role of the PRE in the onset of EPBs.

[IV-2-4] 불균일 전자 밀도 및 중성 대기 효과를 고려한 전리층 모델에서의 전파 전파과정

이재형, 이동훈
경희대학교 우주과학과

중성입자가 함께 존재하는 불균일한 플라즈마 내로 입사하는 전파들은 플라즈마의 전자 밀도와 전자-중성입자 충돌에 의해 영향을 받게 된다. 특히 전자들의 운동이 중요한 높은 주파수 파동들은 상위 혼합 공명(Upper Hybrid Resonance)과 주변 자기장 현상에 의한 파동 모드 변환(mode conversion)으로 전파의 성질이 변하게 된다. 그리고 전자-중성입자에 의한 충돌은 에너지의 감쇄 등의 영향을 미치게 된다. 이러한 조건을 모두 고려한 유체 수치 모델을 이용하여 지구의 전리층이나 약한 자기권을 가지고 있는 행성 대기와 같이 플라즈마와 중성입자가 섞여있는 매질에서의 전자기파 파동의 특성을 조사하였다. 주파수, 중성대기 밀도 및 입사 각도에 따라 파동의 공명 흡수량과 감쇄량을 각각 알아본다.

[IV-2-5] 2003년 지자기 폭풍 동안 한반도 상공 전리층 폭풍 관측

정종균¹, 지건화², 김어진³, 김용하³, 조정호¹
¹한국천문연구원 우주측지연구그룹, ²극지연구소 극지기후연구센터, ³충남대학교 천문우주과학과

지자기 폭풍이 발생할 동안 중위도 전리권 전자밀도 변화의 가장 큰 특징은 양전리권 폭풍 또는 음전리권 폭풍이다. 양전리층 폭풍은 정상적인 경우보다 전자밀도가 증가하는 것으로 정의되는데 적도방향 중성바람에 의한 극지방 전자밀도의 중위도로의 이동으로 설명된다. 음전리권 폭풍은 F2 층 고도의 O/N2 증가에 의한 전자소멸로 전자밀도가 낮아지는 것으로 알려져 있다.

우리는 지상 GPS 총전자량 자료와 이를 이용한 전리권 토모그래피 모델 결과, 그리고 이온층에 관측에 나타난 한반도 상공의 전리층 폭풍 양상을 제시하고 토의할 것이다.

[IV-2-6] 자기폭풍이 일어나면 이온권에서는 “보통” 어떤 일이 생길까?

지건화
극지연구소 극지기후연구센터

우주기상현상에서 자기폭풍은 태양으로부터 태양풍, 지구 자기권, 고층대기를 모두 포함하는 매우 복잡한 현상인데, 이들 중 자기폭풍이 고층대기 이온권에 미치는 영향에서도 매우 복잡하고 다양한 모습으로 나타난다. 자기폭풍이 이온권에 미치는 영향의 연구는 대부분 어떤 특정한 자기폭풍이 일어났을 때 이온권에 나타나는 변화의 관측자료 분석이나 모델링을 통한 연구이다. 그러나 이러한 연구는 자기폭풍이 일어나면 보통 이온권에는 어떤 변화가 일어나는지에 대한 답을 주지는 못한다. 한편, 이온권은 시간, 위치, 태양 및 지자기 활동 등의 변화에 따라 일반적인 변화경향을 보일 수 있는데, 이러한 물리적 조건 중 지자기활동이 변화할 때, 즉 자기폭풍이 발생할 때 이온권이 어떤 변화를 보이는데 대한 일반적인 경향은 아직 정확히 알려져 있지 않다. 이는 자기폭풍의 영향이 다양한 조건에서 대단히 복잡한 패턴을 가지고 있어 간단히 일반화하기 어렵기 때문인데, 장기간의 이온권 관측 자료를 이용하여 체계적인 분석을 통해 자기폭풍이 일어났을 때 공통으로 나타나는 이온권 변화를 연구할 수 있을 것으로 기대된다. 최근 인공위성을 이용하여 장기간에 걸쳐 전지구적인 이온권 관측이 수행되고 있는데, GPS나 TOPEX/JASON 위성 등에서 이온권 총 전자량이 관측되고 있다. 향후 이러한 관측 자료의 체계적인 분석을 통해 자기폭풍에 의한 이온권 변화의 일반적인 경향을 체계화 할 수 있을 것으로 기대된다.

■ Session : 궤도 II
10월 30일(금) 14:30 - 15:30 제2발표장

[V-2-1] 고해상도 관측위성의 지상궤적 유지조정 알고리즘 연구

박재익¹, 박상영¹, 이병선², 황유라², 최규홍¹
¹연세대학교 천문우주학과 우주비행제어연구실
²한국전자통신연구원 위성관제항법연구팀

이 연구의 목적은 고해상도 합성개구레이더 센서를 탑재한 관측위성의 운용요구사항에 맞춰 임무기간 동안 관측 목표지역을 주기적으로 반복하고 지상궤적을 ±2km 범위 내에서 안정성을 갖도록 유지 조정하는 궤도제어 알고리즘 연구를 수행하는데 있다. 기존에 수행되어 왔던 지상궤적에 대한 오차를 해석적으로 계산하여 궤도를 유지 조정하는 방법이 아닌 기준궤도에 대하여 상대좌표계에서 표현된 위성의 실제 접촉궤도를 기준궤도와 직접적으로 비교하여 목표궤적을 유지 조정하는 알고리즘을 연구하였다. 이를 위해 첫째, 고해상도 관측위성의 운용요구사항을 만

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