

제 출 문

본 보고서를 「태양폭발 등 우주전파환경 변화에 대비한 대응방안 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 . 11. 30.

연구책임자 : 이 동 훈 (경희대학교)

연구보조원 : 이 경 동 (경희대학교)

김 경 섭 (경희대학교)

지 은 영 (경희대학교)

보 조 원 : 최 문 영 (경희대학교)

요 약 문

1. 과 제 명 : 태양폭발 등 우주전파환경 변화에 대비
한 대응방안 연구
2. 연구 기 간 : 2006. 9 ~ 2006. 11
3. 연구책임자 : 이 동 훈
4. 계획 대 진도
가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진 내용			비 고
		09	10	11	
* 우주전파환경의 물리적변화 현상 조사	이동훈 김경섭 지은영				
* 국내·외 피해 사례 조사					
* 선진국의 예보 체계 및 현황 조사	이경동 지은영 최문영				
* 예·경보 발령 및 대응 방안 조사					
* 국제적 연계 및 협력방안 모색					
* 국내 우주전파환경 연구 현황 조사	이경동 김경섭 지은영				
* 연구인력 네트워크 구축 및 협력방 안 마련					
* 국내 실정에 적합한 대응체계 방안 제시					
* 실 수요자 조사					
* 가칭 우주전파환경연구센터 조직 구성안 연구					
* 보고서 작성	이경동 지은영 최문영				
월별 수행진도(%)		30	70	100	

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 우주전파환경의 물리적 변화현상 조사
 - 태양에서 관측되는 주요 변화 현상 종류 분류 및 물리적 특성 조사
 - 지자기 폭풍 등 지구자기권의 물리적 변화 현상 정리
 - 전파 통신의 장애 등을 일으키는 전리층 변화 현상 조사
- 2) 우주전파환경 피해 사례 조사 및 경제적 영향 분석
 - 위성 수명 단축 및 분실 등 위성의 피해 사례 수집
 - 태양 활동에 의한 피해가 직·간접적으로 사회, 경제 분야에 미치는 영향 조사
- 3) 미국, 일본, EU 등 선진국의 우주전파환경 예·경보 체계 연구
 - 미국 우주환경연구센터(SEC : Space Environment Center) 운영 현황 조사
 - 일본 정보통신연구기구(NICT : National Institute of Information and Communications Technology) 우주환경 연구부서의 관측 시스템 및 예·경보 현황 조사
 - 호주 우주 기상청(The Australian Space Weather Agency, IPS) 조직, 운영 및 예·경보 서비스 현황 조사
 - 유럽 우주청(ESA : European Space Agency) 우주환경 예·경보 체계 분석
 - 국제우주환경서비스(ISES), 세계 데이터센터(WDC) 등 국제적 조직의 운영 현황 분석
- 4) 국내 우주전파환경 관측 및 연구현황 조사
 - 우주전파환경 관련 연구기관의 연구 활동 및 현황 조사

- 태양 망원경, 지자기 관측 시스템 등 국내 우주전파환경 관련 관측 시스템 특징 및 운영 현황 분석
- 5) 국내·외 우주전파환경 연구 네트워크 구축 및 전략적 협력방안 마련
 - 국내 실정에 적합한 예·경보 체계 연구
 - 일반 국민이 사용하기 쉬운 우주환경 예·경보 서비스 제공안 연구
 - 국내외 주요 연구기관 분석을 통한 우주전파환경연구센터 조직안 연구

5. 연구 결과

- 1) 태양 폭발 현상, 전파 형태, 지구근접환경의 변화현상 등을 조사하였으며, 대기권의 구조, 전리층의 구조 및 영향 등 연구.
- 2) 우주전파환경의 변화에 따른 국내 피해 사례 및 피해 예상 분야 등을 조사하였고 국외에서 발생한 통신 두절 사례, 위성의 피해, 전력 공급의 차질 등 피해 사례 조사.
- 3) 미국 SEC, 일본 NICT, 유럽 ESA, 호주 IPS 등 선진국의 우주전파환경 관련 연구 기관 현황 및 연구 활동 우주전파환경변수의 예·경보 체계 및 정보 제공 서비스의 형태 등을 조사하였고 국제 우주 환경 기구 ISES의 연구 활동 조사.
- 4) 한국천문연구원, 전파연구소, 극지연구소, 인공위성연구센터, 항공우주연구소 등 우주전파환경 및 위성사업 관련 단체 등의 규모, 연구 인력 보유 장비 등 현황과 연구 활

동 조사.

- 5) 국외 연구 기관 및 국제 기구의 예·경보 시스템 벤치마킹을 통해 국내 실정에 맞는 예·경보 시스템 제시
- 6) 민, 관, 군을 망라한 실 사용자 수요 조사 및 워크숍 개최를 통해 우주전과환경 연구의 필요성 홍보.
- 7) 우주전과환경연구센터 조직 구성안 제시

6. 기대효과

- 1) 우주시대 개막에 대비한 우주전과환경 연구 인프라 구축
 - o 우주전과환경에서 일어나는 근본적인 과정에 대한 연구 진행
 - o 우주환경예보 연구 인력 자료 및 기술력 확보
 - o 국내·외 네트워크 연동을 통한 예·경보 시스템 구축 제안
- 2) 태양폭발로 인한 위성통신, 송전설비 등 재난피해 대비
 - o 현재 보유중인 관측 장비의 체계적인 활용방안 제시
 - o 위성, 통신장비, 송전설비 등 영향이 미칠 수 있는 분야의 재난 예측 및 예방책 제시
 - o 우주전과환경 영향의 중요성 및 예보업무 홍보
 - o 실수요자 중심의 예·경보 발령체계 개발 추진
 - o 향후 우주전과환경 관련 센터 건립 추진 시 기초 자료로 활용

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고

8. 기타사항

SUMMARY

Space Weather is defined as "conditions on the sun and in the solar wind, magnetosphere, ionosphere, and thermosphere that can influence the performance and reliability of space-borne and ground-based technological systems and can endanger human life or health" So space weather is directly concerned with the effects of solar-terrestrial relations on technological systems and human well-being. However space weather forecast is not a well-researched part, it is important to research the solar-terrestrial environment. In addition as the maximum period of the solar activity (every 11 period) arrives it is necessary to prepare against the damage of communications satellite, electric transmission and so on, which is caused by with solar explosion, for the misfortune damage minimization and a stable communication.

For this purpose, we first digested the physical understanding of the solar-terrestrial space environment, such as solar flare, Coronal Mass Ejection, magnetosphere, ionosphere and the upper atmosphere. And we investigated the status of the internal and external research center concerned with space weather, such as Space Environment Center (SEC) in USA, National Institute of Information and Communications Technology (NICT) in Japan , European Space Agency (ESA), Radio Research Laboratory and Korea Astronomy and Space

Science Institute in Korea and so on. And Space-Wave environment Workshop are held to connect between research group and a user group. Finally, we suggested the construction of the integrated research center tentatively named "the space environment service center"

목 차

표목차	11
그림목차	12
제 1 장 서론	16
제 2 장 우주 전파 환경	19
제 1 절 개 요	19
제 2 절 태양의 물리적 특성	19
제 3 절 자기권의 물리적 특성	28
제 4 절 전리층의 물리적 특성	33
제 3 장 우주 전파 환경 변화가 미치는 영향	39
제 1 절 개 요	39
제 2 절 우주 전파 환경의 변화에 따른 문제점	40
제 3 절 우주 전파 환경의 변화가 통신에 미치는 영향	45
제 4 절 우주 환경 변화에 따른 피해 사례	51
제 4 장 국외 우주 전파 환경 예·경보 체계	61
제 1 절 개 요	61
제 2 절 SEC (Space Environment Center)	61
제 3 절 NICT (National Institute of Information and	

Communications Technology)	71
제 4 절 ESA (European Space Agency)	84
제 5 절 IPS (Ionospheric Prediction Service)	90
제 6 절 ISES (The International Space Environment Service)	106
제 5 장 국내 우주 전파 환경 예·경보 체계	111
제 1 절 개요	111
제 2 절 국내 연구소 현황	111
제 3 절 국내 위성 운영 현황	127
제 6 장 우주 전파 환경 워크숍	142
제 7 장	152
제 1 절 우주전파환경 연구의 필요성	152
제 2 절 국내 연구 현황 및 문제점	153
제 3 절 연구 및 서비스 발전 방향	157
제 8 장 결 론	161
제 8 장 참고 문헌	163

표 목 차

표 3-1 궤도에 따른 우주환경의 특징	43
표 3-2 위성 운용 및 통신의 영향	43
표 3-3 우주환경의 급격한 변화에 따른 피해 사례	55
표 4-1 ISES의 멤버	108
표 5-1 태양 폭발 유형별 특징	123
표 5-2 전리층 교란에 의한 통신시스템의 영향 및 관련기관 ·	125
표 5-3 지자기 현상과 특징	125
표 5-4 전파 연구소의 전파 정보 등급	127

그 립 목 차

그림 2-1 태양 플레어	24
그림 2-2 CME 분출 과정	25
그림 2-3 지구 자기권의 구조	28
그림 2-4 자기폭풍 기간 동안의 Dst 지수의 변화	31
그림 2-5 서브스톰 진행시 플라즈마 판의 변화	32
그림 2-6 전형적인 전리층의 전자밀도 분포	35
그림 2-7 낮과 밤의 전리층 전자밀도 구조	37
그림 3-1 우주 환경의 영향	40
그림 3-2 전파의 종류와 이동경로	45
그림 4-1 SEC의 조직도	62
그림 4-2 SEC의 Web	62
그림 4-3 GOES 위성의 태양 x-선 이미지	63
그림 4-4 GOES 위성의 태양 x-선 플릭스	63
그림 4-5 GOES 위성 주위의 환경	64
그림 4-6 Dynamic RTSW plot (태양풍)	65
그림 4-7 POES 위성에서 찍은 북반구 오로라 모양	66
그림 4-8 SEC의 태양, 지구 활동 보고	67
그림 4-9 SEC의 태양 흑점 수 예측	70
그림 4-10 NICT의 우주 환경 홈페이지 화면	72
그림 4-11 NICT의 조직도	73
그림 4-12 NICT의 태양-지구 활동 차트	74

그림 4-13 NICT의 지자기 활동 차트	75
그림 4-14 HiRAS 홈페이지 화면	77
그림 4-15 HiRAS 실시간 데이터	77
그림 4-16 ACE 위성의 태양풍 데이터	78
그림 4-17 Kakioka station의 지자기장 데이터	79
그림 4-18 실시간 AE, AL, AU 지수 plot	80
그림 4-19 IMAGE 위성의 오로라 이미지	81
그림 4-20 NICT의 실시간 시뮬레이션 이미지	81
그림 4-21 NICT의 전리층 상태 예보	82
그림 4-22 Okinawa 관측소의 ionogram	83
그림 4-23 NICT의 전파통신 관련 정보	83
그림 4-24 NICT의 위성 작동 관련 정보	84
그림 4-25 ESA의 홈페이지 화면	85
그림 4-26 SOHO의 태양 이미지	86
그림 4-27 지구의 북극 위에서 바라본 bow-shock 모델	87
그림 4-28 ESA의 TEC 변화	88
그림 4-29 IPS의 홈페이지 화면	91
그림 4-30 IPS에서 제공하는 우주 환경 화면	92
그림 4-31 IPS에서 실시하는 전자 플럭스 예보	92
그림 4-32 세계의 TEC 지도	93
그림 4-33 Darwin 관측소에서 기록한 자기력	94
그림 4-34 Mawson 관측소에서 관측한 우주 선	95
그림 4-35 Darwin 관측소에서 예측한 K 지수	95
그림 4-36 호주 전체에 예상되는 K 지수 지도	96

그림 4-37 IPS의 지자기 경고	96
그림 4-38 IPS의 지자기 정보	96
그림 4-39 IPS의 GEOSTAT 정보	97
그림 4-40 IPS의 오로라 정보	97
그림 4-41 IPS의 주간 보고서와 예보	98
그림 4-42 실시간 낮과 밤의 위치	99
그림 4-43 태양활동 plot	99
그림 4-44 태양풍 성분 데이터	99
그림 4-45 태양풍 성분 plot	100
그림 4-46 IPS의 x-선 플럭스	100
그림 4-47 x-선 플레어 정보	100
그림 4-48 IPS의 태양 활동 요약과 예보	101
그림 4-49 Perth 에서의 HAP 지도	102
그림 4-50 호주 지역의 실시간 전리층 foF2 지도	102
그림 4-51 북미 지역의 T 지수	103
그림 4-52 HF 전파 경고	104
그림 4-53 ISES 홈페이지 화면	107
그림 4-54 International Geophysical Calender 2006	108
그림 5-1 한국 항공 연구원의 우주개발 프로그램	112
그림 5-2 외나로도 우주센터	113
그림 5-3 한국 항공 우주 연구원 무인 비행선 사업의 효과	114
그림 5-4 한국 천문 연구원의 연구 업무	114
그림 5-5 보현산 태양 플레어 관측 망원경	115

그림 5-6 태양 플레어 망원경으로 관측한 태양의 이미지	116
그림 5-7 한국 천문 연구원의 태양 분광 망원경	117
그림 5-8 태양 분광 망원경으로 관측한 분광선	117
그림 5-9 한국 천문 연구원의 우주 환경 예보 화면	118
그림 5-10 한국 천문 연구원의 우주 환경 모니터링 화면	119
그림 5-11 극지 연구소의 지자기 센서 및 관측 실	119
그림 5-12 지질자원연구원 지자기 관측 망 홈페이지 화면	120
그림 5-13 한국의 지자기장 관측소	121
그림 5-14 지자기 관측 응용분야	122
그림 5-15 전파 연구소의 태양 전파 관측기(이천)	122
그림 5-16 안양 전리층 관측 시스템	124
그림 5-17 국내 지자기 관측소(좌)와 지자기 관측기(우)	126
그림 5-18 전파 연구소의 전파 예·경보 화면	126
그림 5-19 아리랑 1호의 이미지	127
그림 5-20 아리랑 2호의 이미지	130
그림 5-21 우리별 3호의 이미지	131
그림 5-22 과학기술위성 2호의 이미지	135

제 1 장 서 론

흑점과 플레어(flare), 태양 물질 방출(Coronal Mass Ejection, CME), 전파 폭발(radio burst) 등의 태양 활동은 태양-지구 간의 지구 근접 환경에 막대한 영향을 미친다. 자외선 및 X-선 영역의 복사에너지와 주로 양성자와 전자로 구성된 태양풍은 지구 자기권을 크게 섭동시키고 위성 및 전기, 전파, 통신 등의 실생활에 밀접한 분야에 심각한 오류를 일으키는 원인이 되기도 한다. 우주전파환경이란 이렇게 형성된 영역으로 지표부근의 전리층으로부터 열권, 자기권 나아가 행성간 공간에 이르러는 우주공간을 통칭한다. 최근 인류의 활동 영역이 우주공간으로 확대되어감에 따라 우주 공간상에 운용되는 위성 통신과 과학위성, 군사위성 그리고 향후 건설될 우주정거장에 이르기까지 많은 장비가 운용되고 있다. 따라서 급격히 변하는 우주전파환경은 이러한 우주 관련 장비에 막대한 경제적, 사회적 손실을 가져올 수 있으므로 이에 대한 대책으로 장비가 운용되고 있는 우주전파환경의 정확한 이해가 필요하다. 또한 이러한 우주전파환경의 갑작스러운 변화에 기인된 피해를 최소화할 수 있는 조치를 강구하여야 할 것이다.

우주전파환경에 관한 연구 중에서 무엇보다도 중요한 것은 우주 환경의 급격한 변화가 사회·경제적으로 막대한 손실을 끼친다는 점을 일반대중 뿐만 아니라 관계 정책입안자들에게 홍보하는 일이다. 1989년 3월 13-14일에 발생한 강력한 자기폭풍이 캐나다의 퀘벡주 전역의 송전 시설에 영향을 미쳐 약 20,000 Megawatt의 전력선 손실 사건이 발생하였다. 이로 인하여 수백만 주민에게 전력공급의 차질을 야기한 바 있다. 자기폭풍의 시작으로부터 송전시설의 마비까지 약 90초가 소요되었을 뿐이다. 뿐만 아니라 HF영역의 주파수대는 전 세계적으로 거의 사용불능상태가 되었다. 반면 VHF 방송은 비정상적으로 멀리 전파되기도 하였고 또한 심한 간섭현상이 유발되기도 했다. 1997년 1월 6-11일에 발생한 대규모의 태양 물질 방출 현상으로 인해 정지궤도상을 운행하던 미국 AT&T사의 통신위성 Telstar 401호의 회로단절이 발생해서 수명

이 9년이나 단축되는 바람에 2억 달러의 손실이 발생했다. 2003년에는 일본 통신위성과 지상간의 통신두절 사태가 발생하였는데 그 원인으로 태양 흑점 폭발로 인한 초강력 자기폭풍의 입자와 방사능이 컴퓨터 센서들을 파괴했을 가능성을 제기하였다. 다행히 당시 우리나라 위성에는 영향을 미치지 않았으나 또다시 그러한 상황이 발생했을 때 우리의 위성이 피해를 보지 않을 것이라고 확신할 수 없는 일이다. 이 밖에도 고에너지 입자에 의한 위성의 태양전지판, 본체 차폐막 등의 피폭으로 인한 위성 오동작 및 소실 현상이 여러 차례 보고되고 있다.

우주 환경 예보 (Space Weather prediction; Space Environment Forecast)란 지구 주변 우주 공간의 물리적 변화와 현재 상태를 실시간으로 감시하고 미리 예측하는 기능으로 정의할 수 있다. 과학 기술의 발달과 함께 경제 활동에 필수적인 도움을 주는 무선통신, 위성통신, 위성관제, 항법, 송전, 자원탐사 등의 분야에서 사용되는 첨단 정밀 기기 및 시스템은, 지상뿐만 아니라 지구 주변의 우주 공간으로 그 활용 범위를 넓혀가게 됨으로써 우주 환경의 변화와 밀접한 관련을 가지게 되었다. 따라서 우주 전파 환경 예보는 위에서 언급한 분야의 시스템이 우주 환경의 급격한 변화에 의해 손상됨으로써 발생하는 경제적 손실을 방지 또는 최소화하는 역할을 한다.

이 분야를 주도하고 있는 미국은 우주 환경이 위성 및 지상의 정밀 기기에 미치는 부정적인 영향으로 인한 경제적 손실을 줄이기 위하여 1970년대부터 국가 차원에서 우주 환경 예보 자료를 공급해 오고 있으며 민·관·군의 연구소에서 활발하게 연구를 진행해오고 있다. 또한 EU, 일본, 호주 등에서도 우주 환경 예보의 경제적인 가치를 인식하여 자국의 기간 산업 보호를 위한 우주전파환경예보 서비스를 개발하고 필요한 사용자를 발굴하여 웹, E-mail, SMS 등의 방법을 통해 주기적으로 실시간 정보를 제공하고 있다. 또한 여러 선진 연구 기관들이 연합하여 국제기구 설립 등을 통해 국제적인 협력 관계를 유지하고 있으며 공동 연구를 활발히 진행하고 있다.

우리나라의 경우 관련 국가 연구 기관들(천문 연구원, 전파 연구

소 등)이 우주 환경 예보의 기초적인 자료 수집을 시작하고 있으나 연구 인력의 부족과 관측 장비의 부족, 노후화 등으로 인해 그 연구 결과는 선진국의 경우와 비교할 때 취약한 형편이다. 현재 우리나라도 인공 위성 보유국으로서 2015년까지 5조원대의 국가 우주 개발 사업을 수행 중에 있고, 더불어 2005년 완공을 목표로 인공위성 발사를 위한 우주센터를 건립하는 등 우주 진출을 활발하게 추진하고 있기 때문에, 우주 전파 환경 관련 연구 및 예·경보 서비스의 개발은 점차 우리 실생활에 미칠 영향을 생각하면 필수 불가결한 것이라 할 수 있다.

제 2 장 우주 전파 환경

제 1 절 개요

우주 공간은 플라스마로 채워진 공간이다. 플라스마 공간의 물리적인 상태와 그 변화를 지배하는 요소인 복사 에너지, 고에너지 입자 및 자기장은 태양에서 나오며, 이런 요소들에 대해 지구 고층 대기, 지구 자기권, 행성간 공간은 각각 독특하고도 복잡한 방식으로 반응한다. 태양은 막대한 복사 및 입자 에너지를 방출하여 행성의 자기권, 전리층 및 고층 대기에 수시로 심각한 물리학적 화학적 변화를 초래한다. 또한 태양 활동의 주역인 흑점, 플레어, 홍염, 코로나 등의 연구는 태양계 천문학 분야에 기본적인 변수를 제공하는 역할을 하고 있다. 행성의 자기권은 태양풍의 섭동에 따른 영향을 제일 먼저 받는다. 지구의 전리층 및 고층 대기는 주로 태양 자외선에 민감하게 영향을 받는다. 지구의 전리층은 일차적으로 태양의 자외선이 고층 대기 분자/원자들을 이온화시켜 생성되고, 생성된 이온들이 화학 반응들과 물리적 이동 과정을 통해 소멸된다. 섭동된 고층대기는 다시 전리층의 구조를 변화시키므로, 전리층과 고층대기는 상호 작용을 하며 태양 자외선의 변화에 반응하는 복합계를 이룬다. 때때로 강력한 태양풍 플라스마는 지구 자기권에 스며들어서, 자기권에서 고에너지 입자로 가속되어 극지방의 고층 대기로 진입하여 오로라 현상과 함께 극지방의 전리층을 교란시키기도 한다. 즉 우주환경이란 지표부근의 전리층으로부터 열권, 자기권, 행성간 공간을 통칭한다.

제 2 절 태양의 물리적 특성

1. 태양의 기본 프로파일

- 질량 = 1.99×10^{30} kg (= 1 M)
- 평균 밀도 = 1.4 g/cm^3
- 광도 = 3.84×10^{26} W (= 1 L)
- 유효온도 = 5777 K (G2 V)
- 핵의 온도 = 15×10^6 K
- 표면 중력 가속도 $g = 274 \text{ m/s}^2$
- 나이 = 4.55×10^9 years
- 반경 = 6.96×10^5 km
- 거리 = 1 AU = $1.496 (+/-0.025) 10^8$ km
- 1 arc sec = 722 ± 12 km on solar surface
- 자전주기 = 27 days at equator

2. 태양의 기본 구조

가. 태양의 광구

태양의 표면을 광구라고 하며, 쌀알무늬와 흑점을 관찰 할 수 있다. 햇빛의 대부분이 복사되는 층이며, 태양반지름 6.96×10^3 cm는 그 중심에서 광구까지의 길이를 말하는 것이다. 또한 광구의 온도 약 6000K를 태양의 표면온도라 한다. 중앙부가 가장 밝고, 가장자리로 갈수록 복사방향에 대한 시선방향의 각이 커지므로 어두워진다. 채층이나 코로나에서 나오는 빛은 상대적으로 매우 약하여 햇빛의 일부를 차지하는 데 불과하며, 그보다 깊은 층에서 나오는 빛은 그 상층부에서 흡수되므로 밖으로 나오지 못한다.

나. 홍염

태양활동 영역을 눈에 돋보이게 하는 것이 홍염이다. 홍염이 태양의 원반상에 나타날 때 에는 어두운 줄무늬로 보인다. 홍염은 채층 위 수만km의 코로나 영역으로 뻗은 채층 가스의 흐름이다. 홍염의 특징적인 두 개의 형태는 ‘고요한 홍염(quiet prominence)’ 과 ‘활동성 홍염(active prominence)’이다. 고요한 홍염은 수 주일 동안 지속되는데, 이것은 코로나에서 채층으로 천천히 내려오는 가스의 장막처럼 보인다. 이것은 쌍극성 자기 영역의 두 극을 분리하는 중립선을 따라 나타나는 경향이 있다. 한편 활동성 홍염은 대개 몇 시간 동안밖에 지속되지 않는다. 그 중 활발한 것은 ‘루프(loop) 홍염’인데 태양의 플레어와 밀접한 관련이 있고, 수명은 1시간정도에 지나지 않는다. 이 짧은 시간 동안에 가스는 쌍극성 자기 영역의 두 극을 잇는 자력선을 따라 흘러내린다. 플레어는 때때로 고요한 홍염을 붕괴시켜 홍염의 물질을 고속으로 코로나 밖으로 방출시킨다.

다. 코로나

개기일식 때 태양의 광구가 달에 가려졌을 때 그 둘레에서 태양 반지름의 몇 배나 되는 구역에 걸쳐 희게 빛나는 부분을 말한다. 그 밝기는 가장 밝은 곳이 태양광구의 100만분의 1 정도, 즉 보름달 정도의 밝기에 지나지 않는다. 코로나의 모양은 일정하지 않아 흑점의 극대기에는 매우 크고 밝게 나타나고, 극소기에는 작고 태양적도의 방향으로 불룩한 모습을 보인다. 코로나의 방출선의 강도는 아래쪽의 태양광구면의 활동과 관련이 깊다. 코로나그래프에 의한 상시관측으로 태양 둘레의 방출선의 강도분포를 재어서, 이로부터 태양활동 및 지구상의 관련 현상에 대하여 예보하려는 시도가 진행되고 있다.

라. 채층

태양의 광구 바로 바깥쪽에 있는 불그스름한 부분으로써 색권이라고도 한다. 개기일식 때 달이 태양을 완전히 가린 순간에 명백히 볼 수 있다. 태양대기의 최하층에 해당하며, 코로나와 광구 표면에 있는 반채층 사이에 있고, 두께는 약 1,000~1,500 km이다. 바깥쪽으로 갈수록 밝기가 줄어드는 점으로 미루어 밀도가 밖을 향해 감소하고 있음을 알 수 있다. 붉게 보이는 것은 수소의 스펙트럼인데, 여기서는 열에 의한 원자의 운동과 난류가 혼합되어 물리적인 극한상황을 나타낸다. 이 층이 팽창하면서 내뿜는 것이 홍염이다. 개기일식 때 이외에는 광구의 빛 때문에 관측할 수 없었으나, 지금은 코로나 그래프를 써서 관측할 수 있게 되었다.

마. 흑점

흑점의 크기는 망원경으로 겨우 보이는 지름 1,500km의 작은 것부터 십만여 km에 이르는 다양한 것이 있다. 수명은 작은 것은 1일 이내, 큰 것은 변화하면서 수개월에 이른다. 태양흑점의 밝기는 둘레의 광구에 비하여 40% 정도로 다소 어둡고, 온도는 4,000~5,000℃로 광구의 6,000℃보다 낮다. 태양흑점이 나타나는 구역은 태양의 자전과 관련이 있는데, 태양의 적도로부터 남북으로 위도 45°의 범위에 한정된다. 태양흑점의 가장 중요한 특징은 온도가 낮다는 것과 강한 자기장을 갖는다는 것인데, 자기력선의 방향은 대략 태양면에 수직이며 안쪽으로 들어갈수록 강하고, 바깥쪽 반암부에서는 수평방향으로 밖으로 퍼져 있다. 자기력의 세기는 100~4만G이고, 예외는 있지만 크기가 큰 것일수록 강하다. 태양흑점의 온도가 주위에 비하여 낮은 까닭은 강한 자기장 때문에 대류에 의한 에너지 전달이 방해되는 데 있다. 발생하는 태양흑점의 수는 평균 11.2년을 주기로 증감한다. 이 사실은 흑점상대수에 의해서

가장 뚜렷이 나타난다.

흑점의 존재는 태양 자체가 불안정하고 활동적인 것을 나타내는데, 지구에 미치는 영향이 크기 때문에 태양흑점의 주기는 태양활동의 주기라고도 부른다. 극소기에는 2주일 정도 태양흑점이 전혀 없을 때도 있다. 새로운 주기의 시작을 알려주는 최초의 작은 흑점들은 높은 위도에서 나타난다. 해가 갈수록 발생하는 태양흑점의 수가 늘고, 동시에 발생구역은 차츰 낮은 위도로 옮겨간다. 발생구역이 위도 약 15° 에 이르면 극대기가 되며, 이후에는 발생구역이 더욱 적도에 가까워지며 극소기에 이른다. 따라서 극소기에는 낮은 위도와 높은 위도의 두 구역에서 태양흑점이 나타난다. 흑점군 속의 흑점의 자성은 그 방향이 태양의 북반구와 남반구에서 서로 반대이다. 그리고 다음 주기에서는 이 방향이 서로 바뀐다. 따라서 태양흑점의 주기는 정확히는 11.2년의 배인 22.4년으로 보아야 한다. 태양흑점의 발생원인은 아직도 명확히 밝혀지지 않았지만, 광구 밑에 남북방향으로 뻗어 있는 약한 자기장이 태양의 불균일 회전에 의해서 점차 꼬여서 강해지고, 적도에 나란하게 태양을 휘감는 방향의 자기력선이 생겨서, 그 일부가 표면으로 나온 것이 태양흑점이라고 생각되고 있다.

바. 플레어

플레어는 흑점 가까이에서 발생하는데, 빛을 발하기 시작하면 수 분 내에 급격히 밝아지면서 섬광을 발한다. 그 는 서서히 감광하여, 수십 분 또는 1시간 후에 본래의 밝기로 되돌아간다. 빛을 발하는 영역은 작은 플레어이며 지구의 표면적 정도이고, 큰 것은 약 10배가량이다. 태양면 위에 흑점이 수없이 많이 출현하는 흑점 극대기에는 하루에 수 개에서 십 수 개의 플레어가 발생하는데, 흑점 극소기에는 며칠에 한 개 정도로 발생수가 적어진다. 플레어가 발생하면 강한 태양전파나 자외선·X선도 복사된다. X선이 지구의 전리층에 충돌하면, 그곳의 입자를 더욱 강하게 이온화하여 전자의 밀도를 크게 증가시키는데, 이 때문에

텔러저현상이 일어난다. 플레어가 일어날 때에는 전자기파뿐만 아니라 고속도의 양성자나 전자·헬륨원자핵 등이 방출되며, 지구에 침입한 것은 우주선의 이상증가로 관측된다.

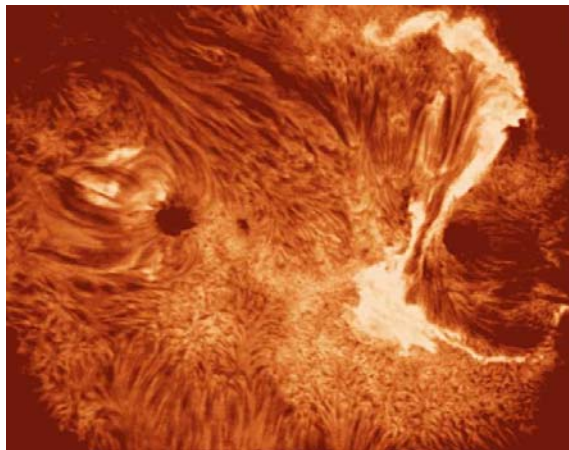


그림 2-1 태양 플레어

또 음·양의 하전입자로 이루어진 가스(플라스마 구름)도 방출된다. 이것은 1~2일 후에 지구에 도달하여, 지구자기장에 영향을 미쳐 자기폭풍을 일으킨다. 또한 극지역에 침입한 입자는 지구대기의 산소나 질소의 원자나 분자에 충돌해서 에너지를 주고 그 결과 이들 원자나 분자가 빛을 발하게 되는데 이 현상이 오로라이다. 또 지상에 도달하지 않는 X선이나 극자외선을 비롯해서, 플레어가 일어날 때 방출되는 입자 등이 인공위성에 의해서도 직접 관측되어, 플레어, 태양과 지구간의 공간, 지구의 상층대기, 지구자기권 등의 물리적 성상에 관한 관측결과를 얻고 있다.

사. 코로나 홀

X-선이 방출되지 않는 이들 지역은 이들은 주로 태양의 양극지

방에 위치하며, 태양활동이 증가하면 저위도 지방으로 확장된다. 코로나 홀은 코로나 기류나 또 다른 구조가 없는 곳에서만 나타난다. 코로나 홀이 위치한 양극지방이 어둡게 보이는 이유는 적도부근의 헬멧기류에 비해 기체의 밀도가 낮기 때문이다. 이것은 코로나 홀이 자기력선이 열린 곳이며 여기서부터 코로나 기체가 쉽게 태양풍의 형태로 행성간 공간으로 방출된다는 것을 의미한다.

아. 태양 질량 방출(Coronal Mass Ejection, CME)

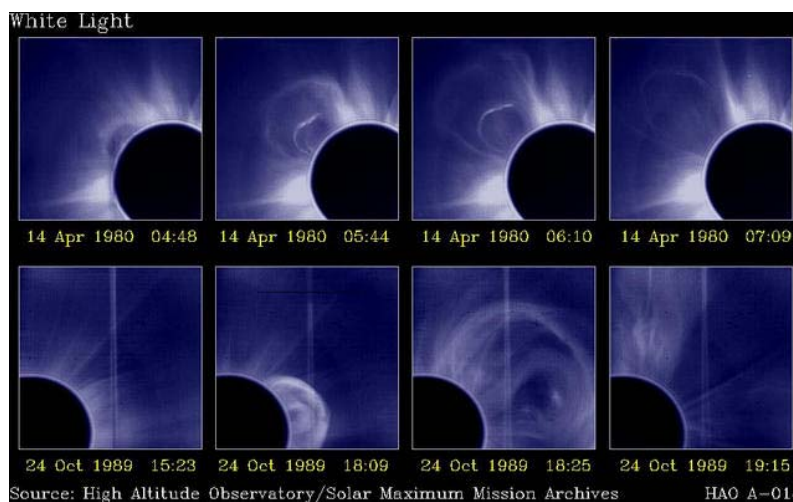


그림 2-2 CME 분출 과정

태양으로부터 거대한 질량($\sim 10^{16}g$)이 빠른 속도로 분출되어 나가는 현상을 말한다. 이 물질은 태양 표면의 자기장에 갇혀 있다가 어떤 원인에 의해 분출되는 것으로 여겨진다. CME의 발생 빈도는 태양 활동 주기에 따라 다소 다른데, solar minimum 기간의 경우 1주에 1번 정도 나타나는 반면, solar maximum 때에는 하루 2~3회 정도 발생된다. CME는 빠른 속도로 진행하므로 충격파를 만들게 된다. 이 충격파는 고에너지 입자를 만들고, 또한 IMF의 구조를 변형시켜 매우 강한

남쪽방향 IMF를 형성한다. 이것은 CME가 지구에 도달했을 때 지구 주변 우주환경을 교란시키는 주요 원인으로 작용한다.

자. 태양풍(Solar Wind)

코로나의 높은 온도는 코로나를 태양으로부터 날려 버리려고 한다. 코로나를 잡아당기는 태양의 만유인력은 코로나를 붙들어 두기에는 충분하지 못하므로, 태양으로부터 꾸준히 불어 나가는 태양풍이 존재한다. 이 가스의 흐름은 대략 같은 개수의 전자와 양성자로 이루어진 이른바 플라즈마이다. 플라즈마의 열전도율은 매우 높기 때문에 태양으로부터 먼 거리까지 고온의 상태가 유지된다. 따라서 태양풍은 팽창하면서 가속되고 입자의 밀도는 감소하여 1AU 거리까지 1m^3 당 평균 수백만 개의 전자 및 양성자가 들어 있게 된다. 이러한 태양풍의 특성은 행성 간 우주탐사선에 의하여 직접 측정된 것이다. 플라즈마는 자력선에 밀착되어 불어 있다. 사실 자기장은 원래 가스 속에 얼어붙어 있는 것이다. 그러므로 태양풍은 태양 자기장의 범위를 행성 간 공간까지 끌어내고 있다. 대규모의 태양 자기장 범위는 부채꼴 구조를 통하여 행성 간 공간과 직접 관련되어 있다. 태양의 적도에서 위도 30° 까지의 범위는 흔히 두 가지의 반대방향을 가진 자기를 띤 경도 구역으로 나누어진다. 사방으로 불어나가는 태양풍은 이러한 자기장을 태양으로부터 부채꼴의 형태로 몰고 나간다. 태양은 멀어져 가는 가스와 자기장에 대하여 회전하고 있으므로 부채꼴의 경계는 나선모양으로 변형된다. 태양풍은 그 구조가 대단히 복잡하고 또 시간에 따라 변한다. 이러한 변동은 온도와 밀도가 보통 코로나 구멍과 대단히 밀접하게 관련되어 있다. 자기루프 내에 속박된 코로나 물질을 가열시키는데 들어갈 에너지 중, 그 일부는 열린 자기력선을 따라 가스를 가속시키는데 사용된다. 따라서 태양풍 폭발(solar wind burst)은 물질을 700km/s 이상의 속도까지 가속시킬 수 있다. 태양활동, 특히 플레어는 자기장의 구조를 때때로 놀라

을 정도로 변화시킨다. 보통의 태양풍은 낮은 에너지의 양성자와 전자로 이루어진 것에 반하여, 플레어는 높은 에너지의 양성자 구름을 분출시킨다. 이러한 구름은 태양풍을 향하여 돌진하면서 속도와 밀도를 부분적으로 변화시키고, 자기장의 구조를 변형시킨다. 이러한 구름은 우주비행사에게 위험을 초래할 뿐만 아니라, 태양을 떠난 지 수 일 후에 지구의 자기권에 자기 교란을 일으키는 원인이 된다.

3. 태양활동이 지구에 미치는 영향

가. 오로라

오로라는 태양에서 날아온 대전입자가 지구 자기장과 상호작용하여 극지방 상층 대기에서 일어나는 대규모 방전현상이다. 태양은 항상 양성자와 전자로 이루어진 대전입자를 방출하고 있다. 태양에서 지구에 도달하는 대부분의 태양풍은 지구의 자기장 밖으로 흩어진다. 하지만 일부는 지구의 자기장에 끌려 반알렌대(Van Allen belt)라 불리는 영역에 붙잡힌다. 반알렌대는 조개 모양으로 지구 주위에 구부러져 있고 극 쪽에서는 지표에 근접해서 구부러져 있다. 대기 속에서 공기 분자와 대전입자가 서로 충돌하면 기체 분자 내부의 전자가 여기 된다. 이것은 전자가 원래 상태보다 높은 에너지를 갖는다는 뜻이고, 곧 다시 원래 상태로 돌아오면서 남은 에너지는 빛으로 방출한다.

나. 양성자 효과

고에너지의 양성자 입자는 플레어 발생 후 30분 안에 지구에 도달하게 된다. 이러한 양성자는 지구의 자기력선을 따라 하강하게 되고 상층대기로 전달되어 이온화를 증가시킨다.

다. 자기폭풍(Magnetic storm)

태양의 플레어 폭발이나 CME 등이 일어난 후 자기권 꼬리로부터 다량의 플라즈마가 내부 자기권으로 유입되면서 자기권 적도를 따라서쪽으로 흐르는 환전류가 발달한다. 이로 인하여 중위도 지방에서는 수일간에 걸쳐 지자기의 수평성분이 감소하는 현상이 나타나는데 이것을 자기폭풍이라 한다. 자기 폭풍 기간 중 극지방에서는 오로라 발생이 빈번해지고 오로라 제트 전류 또한 연속적으로 강화된다.

제 2 절 자기권의 물리적 특성

1. 자기권의 개요

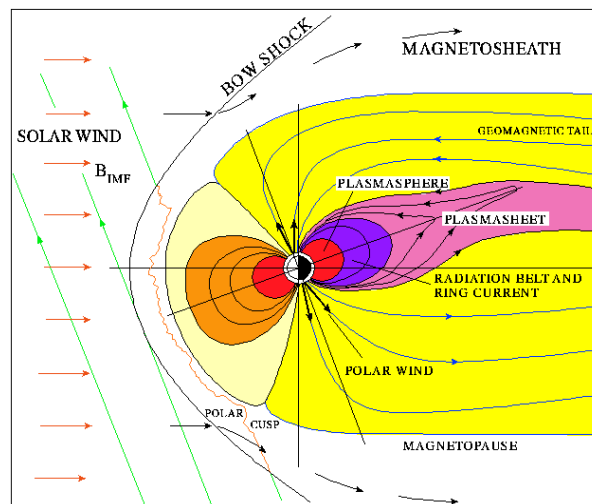


그림 2-3 지구 자기권의 구조

자기권이란 각 행성의 자기장에 지배되는 공간을 말한다. 지구 자기장에 지배되는 공간은 지구의 자기권이라 하며, 지구 외에 수성, 목성, 토성 등 자기장을 가진 행성 주변에도 존재한다. 태양풍이 지구 자

기장에 의해 휘어져서 지나가면서 자기권의 외부 경계를 만들며, 이를 자기권계면이라 한다. 태양에서 끊임없이 행성간 공간으로 불고 있는 수소이온(양자)이나 전자 등 고속 태양풍에 의해 지구자기장은 어떤 유한한 영역에 갇혀져 있는데, 이 지구자기장에 의해 지배되는 공간을 지구의 자기권이라고 한다. 자기권은 지구 외에 수성·목성·토성 등 자기장을 가진 행성 주변에도 존재한다. 특히 강한 자기장을 가진 목성이나 토성은 거대한 자기권으로 둘러싸여 있다는 것이 파이어니어 10호와 11호, 보이저 1호와 2호 등 행성탐사위성 관측으로 밝혀졌다. 지구의 자기권은 대기의 최상층부로서 지구자기의 자기장 에너지가 대기의 열운동에너지보다 커지는 부분이다. 지표에서 150km 근처에서는, 대기의 이온화도가 10^{-6} 정도지만 더 이상 높아짐에 따라 급증하여 이온이나 전자의 평균자유행로(mean free path)가 길기 때문에 이온화기체는 자기장에 동결(frozen-in-field) 되어 있다. 지상 1만 km 이상인 고공에서는 대기는 대부분 이온화되어 양성자와 전자가 주성분이 되고, 입자밀도는 최상층부에서 약 $10^1 \sim 10^2 / \text{cm}^3$ 정도가 된다. 지구 부근에서 태양풍의 속도는 음속이나 알펜파 (Alfven wave)의 속도보다 크기 때문에 태양풍의 흐름을 방해하는 지구 자기권의 앞 부분에 충격파를 형성하게 된다. 이를 뱃머리 충격파 (bow shock)라고 하며 이 충격파는 그 두께가 태양풍의 평균 자유 거리 (mean free path) 보다 훨씬 얇은 무충돌 충격파 (collisionless shock)이다. 뱃머리 충격파 (bow shock)를 지나면서 태양풍은 가열되고 유속도 떨어져 음속보다 느리게 된다. 이러한 고온의 난류지역을 자기권 외피층 (magnetosheath) 이라고 한다.

- Bow Shock : 초음속의 태양풍이 지구 자기권을 만나면서 만들어진 충격파
- 자기외피층(Magnetosheath) : 태양풍은 bow shock을 통과하면서 그 성질이 급격히 변하는데, 태양풍의 유체속도는 감소하고 온도와 밀도는 증가하게 된다. 이 영역을

magnetosheath라고 부른다.

- 자기권계면(Magnetopause) : 자기외피층과 자기권을 구분해주는 경계면으로서 이 안쪽을 자기권으로 정의한다.
- Cusp : 극지방 근처의 영역으로서 이 지역 자기장의 특성상 자기외피층의 입자들이 직접 지구 대기권으로 진입 할 수 있는 영역이다.
- 자기권꼬리(Magnetotail) : 태양 반대편의 밤 지역의 영역으로서 자기력선이 길게 꼬리 모양으로 늘어져 있어 tail이라는 용어를 사용한다.
- 플라즈마판(Plasma sheet) : tail의 중심 부분에 해당하는데 수~수십 keV 에너지의 뜨거운 이온 및 전자가 주로 갇혀 있는 영역이다. 이곳에서의 물리적 상태가 자기권의 동역학을 좌우 할 때가 많다. 이 곳 판의 한가운데에는 자기장의 방향이 바뀌는 영역이 존재한다.
- 중성점(Neutral point) : 자기장이 X-자 모양을 하여 그 중심에서 자기장의 크기가 0인 지점을 말한다. 지구 자기권의 꼬리에서는 이런 X-line이 종종 관측된다.
- 플라즈마권(Plasmasphere) : 밀도가 높고 차가운 플라즈마가 갇혀있는 지구 근방의 영역을 말한다.
- Radiation Belt : 밀도는 낮지만 에너지가 매우 높은 입자들이 갇혀있는 지구 근방의 영역을 말한다. 플라즈마권과 비슷한 공간에 위치한다.

나. 자기폭풍과 서브스톰

(1) 자기폭풍(Magnetic Storm)

태양의 플레어 폭발이나 코로나 질량유출 등이 일어난 후 자기권 꼬리로부터 다량의 플라즈마가 내부 자기권으로 유입되면서 자기권 적도 주위를 따라 서쪽으로 흐르는 환전류가 발달한다. 이로 인하여 중위도 지방에서는 수일간에 걸쳐 지자기의 수평성분이 감소하는 현상이 나타나는데 이를 자기폭풍(magnetic storm)이라 부른다. 자기폭풍은 지구 적도 근방 수평 자기장이 급격히 감소한 후 차츰 회복되는 과정으로 말 할 수 있다. 적도 근처의 서로 다른 관측소에서 얻은 수평 자기장의 값을 평균 한 값을 Dst 지수라고 하며, 자기폭풍은 이 Dst 지수의 감소와 증가의 변화로 정의된다. 자기폭풍 기간 중 극지방에서는 오로라가 발생하고 오로라 제트전류 또한 연속적으로 강화된다. 자기폭풍의 발달과정은 Dst 지수의 변화로 확인할 수 있다. 태양풍에 의한 충격파가 지나갈 때 태양풍의 동압이 갑자기 증가하면 자기권계면이 수축하는 동시에 자기권계면 전류 혹은 Chapman-Ferraro 전류가 강화된다. 이 때문에 지상에서는 ΔH 가 수십 nT 정도 증가한다. 이러한 현상이 관측된 후 자기폭풍이 발생한다. 이어서 중위도 지방에 위치한 거의 모든 지자기 관측소에서 H 성분의 급격한 감소가 관측되는데 이 기간을 주상(main phase)이라 한다. 그 후 Dst 지수가 원래 수준으로 되돌아가는 기간을 회복기(recovery phase)라 한다.

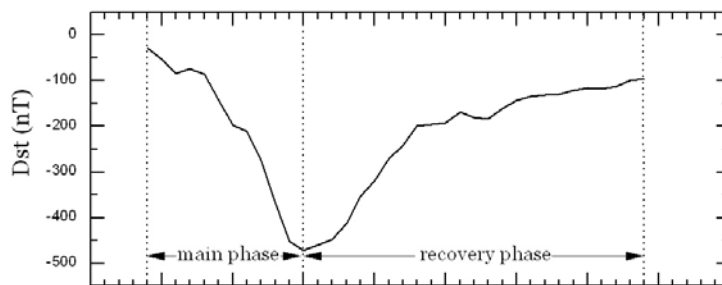


그림 2-4 자기폭풍 기간 동안의 Dst 지수의 변화

(2) 서브스톰(Substorm)

자기권 서브스톰은 주로 오로라 타원체 영역에서 에너지 소모가 증가한 기간이다. 서브스톰은 자정부근 최대로 증가한 후 이전 수준으로 되돌아가는 기간을 지칭한다. 이 기간 동안 Pi2 지자기맥동과 서향 진행 큰 물결을 수반하는 서향제트전류의 강화가 나타난다. 서브스톰이 진행되는 동안, 자정 부근의 discrete 오로라가 극쪽 및 서쪽으로 팽창한다. 마침내 교란된 오로라가 최고 위도까지 확장되었다가 다시 서브스톰 이전의 위치까지 퇴각한다. Pi2 맥동의 시작으로부터 오로라가 최고 위도에 도달했을 때까지를 확장기(expansion phase)라 한다. 극대기(maximum phase)는 최고 위도에 도달했을 때를 나타낸다. 그 후 자정부근의 오로라가 서브스톰 이전의 위도로 되돌아오며 밝기 또한 이전 수준을 회복할 때까지를 회복기(recovery phase)라 부른다.

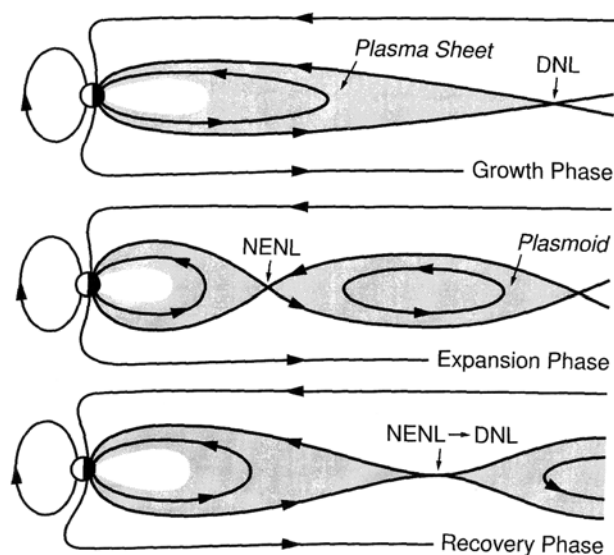


그림 2-5 서브스톰 진행시 플라즈마판의 변화

제 4 절 전리층의 물리적 특성

1. 전리층의 개요

전리층은 지표면 상공 약 65km부터 2,000km까지의 공간을 일컫는 것으로 입자들이 이온화가 매우 중요한 물리적 파라미터로 작용하는 곳이며, 온도에 의한 대기 구분에서 보면 중간권과 열권에 걸친 구간이다. 전리층은 다수의 중성입자들과 극소수의 이온화된 입자들로 구성되어 있는데, 이 이온화된 입자들이 이곳으로 입사되는 전파에 영향을 미치게 된다. 태양으로부터 복사되는 EUV(Extreme Ultra-Violet)와 X선과 같은 전자기 방사와 은하에서 나오는 우주선은 지구의 상층 대기를 이온화 시켜 전리층을 만든다. 각기 다른 고도에서의 이온화율은 파장의 함수로서 태양 복사세기와 전리층을 이루고 있는 중성가스의 이온화율에 의존한다. 그리고 태양복사가 대기를 투과하여 복사경로가 길어질수록 복사강도가 약해지므로 결과적으로 태양의 천정각에 의존하며 최대 이온화율은 천정각이 0일 때 이다. 태양에서 복사되는 대부분의 에너지는 약 $5 \times 10^3 \text{ Jm}^2$ 의 선속(flux)를 가진 수소 Ly- α (123.6nm)와 그보다 수십배 약한 헬륨 Ly- α (30.4nm)선에 집중되어 있다. 지표면에서 보면 Ly- α 가지표면으로부터 60km까지 전자 생성에 크게 기여를 하며 80km정도에서 가장 큰 영향을 준다. 태양 활동이 조용한 시기의 X선은 약 90km에서 가장 큰 영향을 주며, 태양 플레어에서 나오는 X선은 지표면에서도 전자를 이온화시킬 만큼 강한 에너지를 가지고 있다.

전리층은 전자밀도에 따라서 D, E, F1, F2층으로 나뉘 수 있다. 전리층은 명칭은 전리층의 존재가 알려진 초창기에 HF(High Frequency)파가 반사되는 층을 E층이라고 명칭한 후에 과학의 발전에 따라서 그 성질이 E층과 구분되는 영역을 영문자 순서대로 D층과 F층으로 나누며 이를 다시 F1층과 F2층으로 나누었다. D층은 고도의 상

승에 따라서 전자밀도가 급격하게 증가하여 최대 전자밀도는 태양의 복사량이 최대가 되는 태양 정오 이후에 일어나며 태양의 복사량이 최저가 되는 밤에는 밀도가 급격하게 낮아진다. D층의 전자밀도는 여름에 가장 크며 계절적 변화 또한 매우 심하다. 그리고 태양의 X선이 지배적인 원천이 되는 70-90km의 범위에서 태양활동 극대기 때 전리율이 최대가 된다. 태양활동의 극소기일 때는 70km이하에서 우주선에 의한 전리가 매우 지배적이다. 지자기 폭풍이 회복기에 접어드는 조용한 날에는 복사벨트(radiation belt)로부터 강력한 전자의 낙하가 발생되어 전자밀도가 상승한다. E층은 90~130km의 범위이다. 이 부분은 태양의 천정각에 강하게 의존하기 때문에 낮과 밤의 밀도차이가 크다. 또한 이 부분에는 스포레틱 E라고 불리는 것들이 나타나는데, 이것은 국지적으로 전자밀도가 주위보다 가끔 몇 배씩 높아지는 현상을 일컬으며 중위도에서는 여름의 낮 시간에 가장 빈번하게 일어난다. F층은 130km 이상의 상공의 영역을 나타내며 수직전자밀도의 윤곽으로 F1층과 F2를 구분하고 있다. 그러나 야간에는 전리층에서의 전자 발생에 크게 기여하는 태양 복사의 소멸로 이러한 구분이 되지 않고 있다. F2층의 전자밀도는 낮과 밤의 차이가 약 100배로서 주간에는 $10^{12}/\text{m}^3$ 이고 야간에는 $5 \times 10^{10}/\text{m}^3$ 정도의 값을 가진다. E층과 F층은 HF 통신에서 무선파를 반사하는 역할을 하기 때문에 장거리 육상 및 해상 통신에 사용되고 있으며, D층에서는 VLF와 ELF파가 반사되지만 HF파는 신호감쇠를 일으키는 흡수 역할을 하고 있다. GIS와 같은 중요사업에 사용되는 GPS위성에서 보내는 신호는 전리층을 통과하면서 시간적 지연으로 인하여 위치정밀도를 낮추기 때문에 전리층에 대한 연구가 매우 중요하다.

2. 전리층의 구분

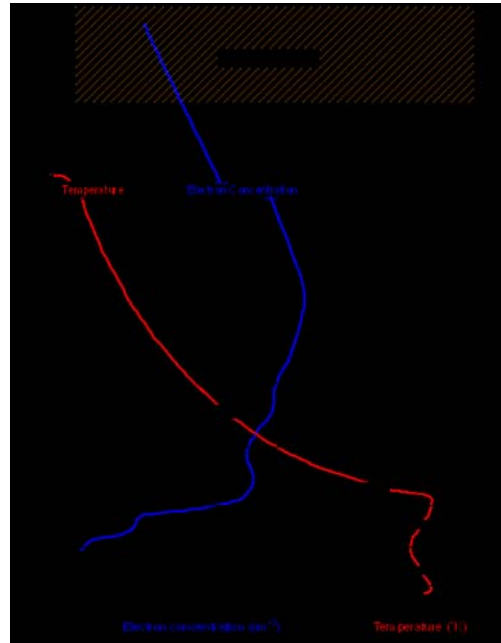


그림 2-6 전형적인 전리층의 전자 밀도 분포

가. D층

D층은 대체로 50~90km의 범위에 걸쳐 있는데, 이 부분의 전자 밀도는 고도의 상승에 따라 급속도로 증가한다. D층은 낮과 밤의 전자 밀도 변화가 상당히 크다. 이 편차는 고도간격 70~90km 사이에서 가장 크며 일반적인 최대 전자밀도는 $10^8 \sim 10^9 \text{ electron/m}^3$ 이다. 또한 D층의 전자밀도는 계절의 변화에 따라 뚜렷하게 변하는데, 여름에 최대값을 가지며 겨울에 최소값을 가진다. 70~90km 지점에서는 태양의 X선이 이온화에 가장 큰 영향을 미치기 때문에 이온화율은 태양 주기의 최고점에서 가장 크다.

나. E층

E층은 고도 90~130km 범위를 일컫는다. 이 층은 Chapman모델에 근사하게 따르는 규칙적인 층으로, 전자밀도는 태양의 천정각에 따라 크게 변화며, 최대 전자밀도는 정오 가까이에서 나타난다. 최대 전자밀도의 고도는 약 110km이고, 약 3MHz의 최대 플라즈마 주파수가 0.4~0.6MHz까지 떨어진다. 또한 E층은 태양의 극대기에서 최대 층밀도를 보인다. 또한 이 부분에는 스포래딕 E라고 불리는 것들이 나타나는데, 이것은 국지적으로 전자밀도가 주위보다 가끔 몇 배씩 높아지는 현상을 일컬으며 중위도에서는 여름의 낮 시간에 가장 빈번하게 일어난다.

F층은 130km이상의 상공이다. F층은 F1층과 F2층으로 나눌 수 있는데 이 구분은 낮에만 나타난다. F1층은 최대 전자밀도가 $2 \times 10^{11}/\text{m}^3$ 인 130~210km 고도 범위이다. E층처럼 F1층은 Chapman 모델에 유사하게 따르지만 태양의 천정각 의존성은 E층과 다르다. F2층은 전자밀도가 가장 크게 나타나는 지역으로 낮의 $10^{12}/\text{m}^3$ 부터 밤에 $5 \times 10^{10}/\text{m}^3$ 까지 걸쳐있다. F2층은 바람, 확산 그리고 다른 역학적인 효과에 의해 강하게 영향을 받기 때문에 Chapman 공식에 의해서 잘 나타낼 수 없다.

3. Chapman 모델

전자밀도 모델 중 가장 기본적인 모델은 Chapman 모델이다. 이 모델은 전자 생성에 대한 복잡한 과정을 광이온화(Photoionization)이론을 기초로 하며 높이에 따른 전자밀도 분포를 서술하였다. 이러한 Chapman 모델은 다음과 같은 가정을 하였다. 1) 태양 복사는 단색광처럼 상층대기에 입사하는 것으로 생각한다. 2) 전리층의 구성 성분은 하층 대기의 구성보다 아주 단순하기 때문에 단지 태양 복사광을 흡수하는 플라즈마들로 생각한다. 그러므로 대기의 구성 성분이 일정하다고 생각하고 높이 z 에 따라 지수적으로 감소하는 공기밀도 ρ 의 방정식을

이용하여 전리층의 전자밀도를 구할 수 있다. 3) 상층대기를 거시적으로 수평하다고 가정하여 지구의 기하학적인 요소를 배제한다. 이렇게 하여 광이온화에 대한 Chapman 함수는 다음과 같고

$$q(z, \chi) = q_0 \exp[1 - z - \sec \chi \exp(-z)] \quad (1)$$

여기서

$$z = \frac{(h - h_0)}{H_p} \quad (2)$$

χ 는 태양의 천정각, H_p 는 압력의 scale 높이, q_0 는 $\chi=0$ 일 때 최대 이온화율, h_0 는 층의 가장 낮은 부분의 높이이다.

4. 전리층의 상태변화

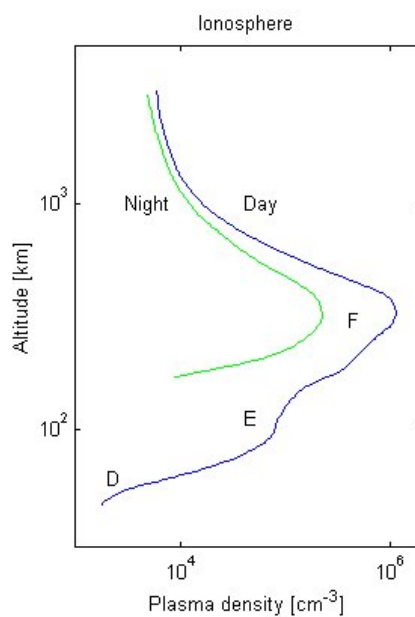


그림 2-7 낮과 밤의 전리층 전자밀도 구조

전리층의 상태변화는 태양의 활동과 크게 관련이 되어 있다. 전리층의 정상상태의 변화로는 하루 24시간 동안의 변화를 나타내는 일 변화(Diurnal variation)와 일년동안의 전리층 변화를 보는 계절 변화(Seasonal variation), 태양의 흑점 주기에 관계되는 영년 변화(Annual variation), 그리고 태양과 달에 의한 조석 현상에 따른 변화 등을 들 수 있다. 그림 2-7은 전리층의 일 변화를 나타내는 것으로 주간에 나타나는 D층이 야간에는 소멸되고, 주간의 F1층과 F2층의 경계면이 야간에는 소멸된다. 또한 E층과 F층의 전자밀도가 주간에 비해 야간에 현격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 정상상태의 변화와는 반대로 전리층 교란과 전리층 폭풍 등과 같은 갑작스런 태양활동의 변화에 의해 전리층은 영향을 받는다. 갑자기 전리층에서 교란이 일어나는 SID(Sudden Ionospheric Disturbance)는 강한 태양 플레어 폭발 후 X-선이 D층에까지 영향을 주어 이 부분을 이온화 시킨다. 또한 극지방에서는 PCA(Polar Cap Absorption)에 의해 전리층의 변화를 유발한다.

제 3 장 우주 전파 환경 변화가 미치는 영향

제 1 절 개요

태양은 가시광선 영역 외에도 자외선 및 X-선 영역의 복사에너지와 주로 양성자와 전자로 구성된 태양풍(solar wind)이라 불리는 입자 복사에너지를 방출한다. 흑점과 플레어(flare), 태양 물질 방출(Coronal Mass Ejection, CME), 전파폭발(radio burst), 분출 홍염(eruptive prominence) 등 태양 표면의 거대한 폭발에 수반되는 태양풍은 발생 후 2~3일면 지구에 도달하여 태양풍의 플라즈마가 지구 자기권에 침입하고 지구 자기의 교란 현상인 자기 폭풍(magnetic storm)과 발생한다. 이러한 교란은 지구의 전리층에서부터 멀리 자기권에 이르기까지 지구주변 우주환경에 급격한 변화가 일어난다. 우주환경의 변화는 우주공간 및 지상에 설치된 인공위성과 같은 최첨단 기기의 성능과 신뢰성에 영향을 미친다. 지금까지 우주 기술의 발달 속도에 비춰보면 2012년의 강력한 태양풍에 의해 지구 전체를 뒤덮은 인공위성 체계, 각종 위성 통신수단, TV·라디오 방송체계, 등에서 막대한 피해를 받을 것으로 예상 할 수 있다. 현재 완벽한 대비책을 갖추고 있다는 300여개의 정지궤도 인공위성 마저 5~10년의 수명 단축이 예상되고, 이 경우 직접 손실 300억 달러(약 28조원)가 발생하며, 경제적 파급효과까지 고려하면 액수는 700억 달러(약 65조4000억원)에 달한다. 또한 우주 기상이 군 작전에 미치는 영향도 지대하다. GPS를 이용한 정밀 유도무기들의 향로 이탈, 핸드폰 등 무선 통신 체계 두절, 통신위성의 궤도 이탈과 기상위성의 오작동 등 무선으로 이뤄지는 거의 모든 정보와 통신체계가 일시에 단절되는 최악의 시나리오까지 고려할 필요가 있다.

제 2 절 우주 전파 환경의 변화에 따른 문제점

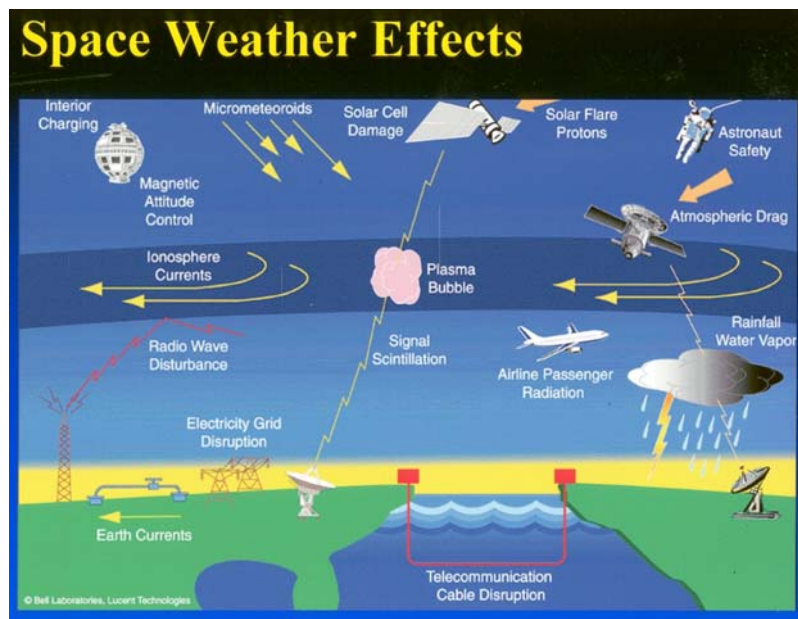


그림 3-1 우주 환경의 영향

1. 전력망 장애

정전은 오로라가 발생 되는 곳에서 일어날 가능성이 크다. 오로라에는 강한 전류가 흐르는데 이것이 지상의 송전시스템 전류에 변화를 가하면 결국은 전기가 끊어지는 정전 사태가 발생한다. 1989년 3월 캐나다 몬트리올과 퀘벡 지역이 난데없이 정전돼 도시 기능이 마비됐다. 9시간 동안 이어진 이 정전 사고의 범인은 뜻밖에도 태양으로 밝혀졌다. 1989년은 천문학사에 기록될 정도로 태양의 활동이 활발했다. 태양의 흑점의 수가 절정을 이뤘고, 태양 표면의 폭발활동도 극에 달했다. 태양으로부터 쏟아져 나온 에너지는 우주공간으로 퍼져나갔고, 지구에도 도달했다. 거대한 자석 덩어리인 지구는 몰려드는 전자와 양성자를

끌어들임으로써 자신의 자력을 더욱 강화했다. 문제는 평소보다 강해진 지구의 자력 때문에 발생했다. 지구의 자기장이 강해지자 자기장에서 발생하는 유도전류가 평소보다 높아졌고 결국 땅 깊은 곳에 매설된 고압선에 영향을 미친 것이다. 유도전류에 의해 순간적으로 용량을 초과한 전압이 걸리자 고압선들은 이를 견디지 못하고 급기야 합선을 일으켰다. 이는 태양의 활동에 의해 지구의 자기장이 교란된 데 따른 현상으로, 태양의 활동이 지구에 절대적인 영향을 끼친다는 사실을 입증하는 단적인 예다.

2. 통신장애

자기폭풍에 의해 전리층의 F층 전자밀도가 교란이 일어나게 되는데, 이것을 전리층 폭풍(Ionosphere storm)이 한다. 많은 통신망은 장거리 교신을 위해 전리층에서 전파의 반사를 이용하게 되는데 이러한 전리층 폭풍은 모든 위도에서 무선 통신에 영향을 미친다. TV나 상업 라디오방송 등은 태양활동에 거의 영향을 받지 않지만 인공위성을 이용한 지대공 통신(ground-to-air), 선박과 해안 간의 교신, 단파방송 그리고 아마추어 무선 등은 자주 교란을 받는다.

또한 몇몇 군 탐지 또는 조기경보체계는 태양활동에 의해 영향을 받는다. 초 지평선 레이더(over-the Horizon Radar)는 먼 거리에서 항공기와 미사일의 발사를 감지하기 위하여 전리층에 신호를 반사시킨다. 하지만 자기폭풍동안 불필요한 전파에 의해 영향을 받게 된다.

미연방항공국은 이러한 통신 문제를 인식하고 태양활동 경보체계를 갖추었다.

3. 항법시스템

LORAN이나 OMEGA 같은 항법시스템은 태양활동에 의해 영향을 받는다. 전 세계를 관장하는 8개의 송신기로 구성된 OMEGA 시스템은 저주파신호를 이용하여 선박이나 항공기의 위치를 알려준다. 그러나 태양 표면 폭발이나 자기폭풍동안 수 Km에 해당하는 위치상의 오차를 유발한다. 특히 전리층에 의한 전자기파의 신호약화 및 반사현상은 HF 주파수대를 이용하여 수평선 너머에 위치한 항공기나 선박을 추적하는데 지대한 영향을 미친다. 또한 태양활동에 따른 전리층의 전자밀도 증가는 그 속을 통과하는 전파신호의 시간적인 지연을 일으켜 GPS의 정확도와 신빙성에 영향을 미친다(Hefley, 1972). 그 외 전리층의 불균일은 전파신호에 잡음을 유발하기도 한다.

4. 인공위성

자기폭풍과 태양의 자외선 복사에너지의 증가는 상층대기를 가열시켜 이를 팽창시킨다. 가열로 인한 대기와의 과도한 마찰로 인공위성은 속도가 줄어들어 궤도가 바뀌게 된다. 저궤도위성의 경우 궤도를 부상시켜주지 않으면 지구 대기권으로 진입하여 타버리게 된다. 태양활동의 과도한 증가로 인해 skylab 우주선이 기대한 것보다 수명이 짧아졌으며, 1989년 3월의 자기폭풍동안 미국 해군의 항법 인공위성 4개가 1주일동안 서비스를 하지 못한 것이 예이다. 전자기술의 발달로 인공위성이 소형화되면서 태양이 방출하는 고에너지 입자에 의한 피해가 급증하고 있다. 이러한 입자들은 실제 마이크로칩을 손상시키며, 또한 위성에 탑재된 컴퓨터의 소프트웨어 명령을 변환시킨다. 자기폭풍 기간에는 인공위성이 운행되는 공간의 전자와 양이온의 수와 에너지가 증가하여 인공위성에 대전현상이 나타난다. 특히 하전입자와 인공위성의 충돌로 인공위성의 각 부위마다 대전 정도가 달라지게 되면 방전현상이 일어나고 인공위성 내부로 전류가 흘러 부품을 손상시키기도 한다. 그 외 주로 고에너지 전자들은 인공위성을 투과하여 내부 부품들을 대전시킨다.

충분히 대전된 부품은 다른 부품들을 대전시켜 인공위성의 전자회로에 매우 심각한 영향을 미칠 수 있다.

자기권 전면에 미치는 태양풍의 압력 증가는 자기권계면을 지구 쪽으로 압축시키고, 이때 정지궤도 인공위성이 자기권 밖에서 운행되는 경우가 발생하여 인공위성의 자세제어에 영향을 미친다.

표 3-3 궤도에 따른 우주환경의 특징

궤도	우주환경의 특징
저궤도(LEO)	저온, 고밀도의 이온층 플라즈마, 초음속 고밀도의 대기권 분자층, X-선 및 자외선, South Atlantic Anomaly(SAA), 우주잔해(Debris)
중궤도(MEO)	X-선 및 자외선, 방사선대(Trapped Radiation Belts), 플라즈마권(Plasmasphere)
극궤도(PEO)	저온, 고밀도의 이온층 플라즈마, 초음속 고밀도의 대기권 분자층, 우주잔해, 오로라입자, 우주방사선(Cosmic Rays), SAA, 방사선대
정지궤도(GEO)	고에너지 플라즈마면(Plasma Sheet), 자기폭풍, X-선 및 자외선, 외방사선대(Outer Radiation Belts)
행성간 (Interplanetary)	태양풍, 플레어, 우주방사선

표 3-2 위성 운용 및 통신의 영향

우주환경변화에 의한 장애 대상	태양 - 지구계의 제한상			
	지자기 활동	태양전파 간섭	고에너지 태양입자 및 복사	태양 제한상
위성운용(Satellite operations) - 궤도 변화 - 조정 및 조절 이상현상 - 지상-위성 통신 장애	♦ ♦ ♦	♦ ♦	♦	
비행(Aviation) - 중위도 교신(VHF) - 고위도 교신(HF) - 항해술(Navigation)	♦ ♦	♦	♦	
고위도에서의 초고 비행			♦	
장거리 전기 전력망	♦		♦	
장거리 전화 통신망	♦			
HF 통신	♦		♦	
파이프 시설(송유관, 가스관 등)	♦			
지구물리탐사	♦			
과학위성(서늘, 우주실험실, 태양물리, 오존변화, 행성간공간 위성)	♦		♦	♦
과학로켓(자기권, 전리층, 고층대기)	♦		♦	♦
지상실험(태양, 자기권 및 전리층, 고층대기 및 성층권, 대류권, 지자기, 지진 등)	♦		♦	♦

5. 지구물리탐사

지질학자들은 자기장을 이용해서 지하의 유용광물, 예를 들면 석유, 천연가스 및 광물자원 등을 탐사한다. 이것은 지자기활동이 매우 낮을 때만 가능하다. 그래야만 실제 지구자기장의 이상을 판단하는 것이 가능하다. 반면이면 지구물리탐사는 지자기 교란시기를 선호하는 경우도 있다. 예를 들면 지자기 교란 시 지하에서 흐르는 전류가 정상 값으로부터 얼마만큼 벗어나는가를 이용해서 석유나 광맥의 구조를 밝힌다. 이러한 이유 때문에 물리탐사팀은 조사계획을 수립할 때 지자기 예보를 활용한다.

6. 송전시스템

자기장을 도체에 접근시키면 도체 내에는 유도전류가 발생한다. 이러한 현상은 자기폭풍기간 중 송전설비에 고 대규모로 일어난다. 전력회사는 전기를 교류의 형태로 장거리 송전선을 통해서 소비자에게 보낸다. 자기폭풍기간 중 천천히 변하는 유도 직류전류는 교류를 수송하도록 설계된 송전장비를 비정상적으로 가열시키고 마침내 이를 손상시킨다. 이와 같이 예고 없이 발생하는 정전은 막대한 사회, 경제적인 손실을 야기할 것이다. 전력회사들은 자기폭풍예보나 경보를 이용함으로써 송전설비의 보호와 단전을 최소화 할 수 있을 것이다.

7. 송유관

급격히 요동하는 지자기장은 송유관에 유도전류를 발생시킬 수 있다. 이 경우 몇 가지 문제점이 발생한다. 먼저 송유관에 설치된 계기판의 오작동으로 송유관을 통과한 유량에 대한 그릇된 정보를 제공하게

된다. 그리고 송유관이 부식률이 증가한다.

제 3 절 우주 전파 환경의 변화가 통신에 미치는 영향

1. 전파의 종류

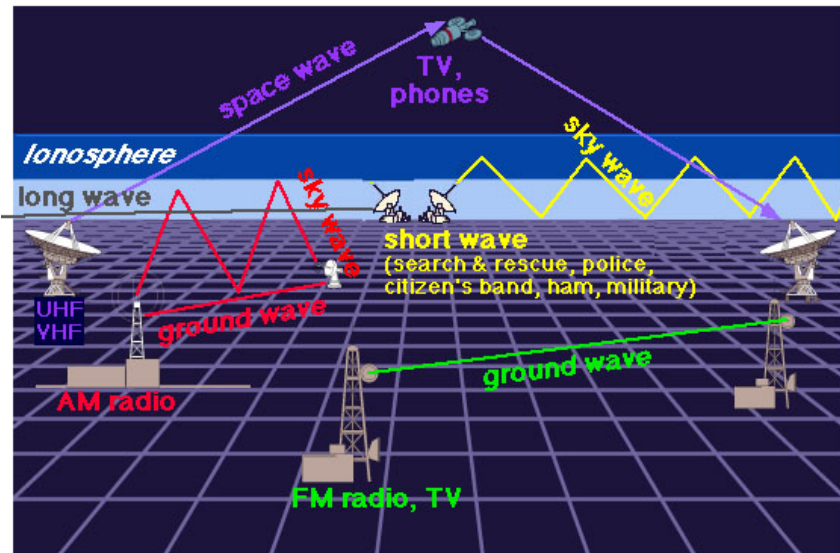


그림 3-2 전파의 종류와 이동경로

전자기파는 공간을 통해 전달되므로 합리적으로 이용하지 않으면 유해한 혼신이나 장애가 발생할 우려가 있으므로 전파(3000GHz 이하의 주파수의 전자기파)의 이용방법은 국제적으로 국제전기통신조약 및 무선통신규칙에 정해져 있다. 한국에서도 이를 받아들여 전파법을 바탕으로 정보통신부 전파관리국이 전파를 이용할 때의 주파수를 할당한다. 주파수 할당은 국제전기통신조약 등 국제적 규정을 바탕으로 주파수 할당원칙에 따라 그 주파수대의 전파가 이용목적에 맞도록 효율적으로 쓰이고 다른 쪽으로부터의 혼신 등 방해와 다른 쪽에 대한 방해가 적어지도록 전파의 성질을 확인·시행한다. 무선통신규칙에서는 3kHz를 기점으로, 주파수가 10배로 될 때마다 구분지어 그 사이의 주파수의 범위를

특정주파수대로 하여 각각 명칭을 붙이고 있다. 이 때, 전파의 전달 속도는 30만 km/s이고, 주파수와 파장의 곱이 전파속도이므로 주파수의 구분을 3의 배수로 하면 파장은 3kHz일 때 100km부터 1/10마다 구분할 수 있다.

가. 초장파와 장파

전파대역	주파수 : 150 ~ 300kHz 파장 : 1000 ~ 2000m
이용	항해와 군사교신
파동경로	지상파는 지구표면의 수천 km 주위에서 곡선을 그린다.
우주환경의 영향	D층과 E층으로 불리는 이온층의 가장 하부지역이 교란되었을 때 신호는 감소한다. 태양의 X-선, 자기 폭풍, 전자강하현상, 전리층폭풍, 그리고 극관흡수현상(PCA)에 의해 영향

나. 중파

전파대역	주파수 : 525 ~ 1700kHz 파장 : 180 ~ 570m
이용	AM 라디오 (535 ~ 1605kHz)
파동경로	공중파와 지상파 모두 생긴다. 지형이나 나무, 간물 등에 의해 강한 지역적 간섭형태가 나타난다. 전리층에 의해 공중파가 많이 손실되므로 지상파가 가장 안정적인 범위를 제공한다.
우주환경의 영향	낮 시간동안 D층에서 신호가 심각하게 감소하므로 D층이 없어지는 밤에 신호가 강해진다. 전리층에서

	의 폭풍이나 태양 플레어 X-선, 그리고 태양 플로톤 같은 저고도 전리층 현상은 공중파를 감소시킨다. AM 라디오는 보통 지상파에 주로 의존하기 때문에 우주환경 현상에 의해 영향 받지 않는다.
--	---

다. 단파

전파대역	주파수 : 2300 ~ 26,100kHz 파장 : 11 ~ 130m
이용	지역적 또는 국제적 아마추어 무선, 해상 또는 지상 운송수단, 지점 대 지점 통신, 경찰의 탐색과 구조, 그리고 택시 무선 호출
파동경로	신호가 전리층에 의해 반사되므로 장거리 통신을 가능하게 한다. 신호의 이동경로는 전리층이 밤에 더 높은 고도가 되므로 밤에 더 멀리 간다. 단파는 가장 싸기도 하고 때때로 원거리 통신의 유일한 수단이 되기도 한다. 더 길거나 짧은 주파수보다 이 주파수의 범위가 더 멀다.
우주환경의 영향	우주환경변화는 단파통신에 중요한 영향을 준다. - 태양플레어 폭발과 동시에 지구의 낮 지역에서 큰 통신 교란이 일어난다. 이것은 전리층의 D층이 플레어와 관련되어 증가된 X선과 자외선에 의해 낮 지역에서 발생된 이온화와 관련 있다. 이온화된 D층은 단파를 흡수하는데, 이러한 현상을 단파감쇄라 하며 수 분에서 수 시간동안 지속된다. - 태양 활동 후 수 시간에서 수 일이 지나서 지구에 도착하는 태양 프로톤은 극지방으로 침투하여 HF 통신을 완전히 단절시키기도 한다. 이러한 현상

	<p>은 극관 흡수 현상(PCAs)이라 부르는데, 플레어의 규모에 따라 수 일간 계속되기도 한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 전리층 폭풍 또한 태양활동에 의해 발생한다. 이러한 전리층 폭풍은 지역과 시간에 따라 전리층의 전자밀도를 증가시키거나 감소 시킨다. 전자밀도의 감소는 단파통신에 심각한 문제를 발생시킨다. - 위성-지상 통신 : 신호의 상태는 수신신호의 위상과 진폭의 변동을 유발하며, 전리층의 불균일성에 의해 영향을 받는다.
--	--

라. 초단파

전파대역	주파수 : 30 ~ 300MHz
이용	TV (54 ~ 88MHz, 174 ~ 216MHz) FM 라디오 (88 ~ 108MHz)
파동경로	일반적으로 송신기의 성능에 따라 ~100km까지의 범위를 갖는 시선방향 송신이 사용된다. 이 주파수는 전리층을 통과하며 위성에 의해 재송신되어 원거리 수신기까지 연결 될 수 있다. 전리층의 상태는 적은 영향을 준다.
우주환경의 영향	위성-지상 통신 : 신호의 상태는 수신신호의 위상과 진폭의 변동을 유발하며 전리층의 불균일성에 의해 영향을 받는다. 불균일성은 우주환경 변화 시 극지방에서 증가된다.

마. 극초단파

전파대역	주파수 : 300 ~ 3000MHz
------	---------------------

이용	TV (채널 14 ~ 69까지) 비행기와 선박의 항해, 경찰의 비상 통신
파동경로	~80km까지의 범위를 갖는 시선방향 경로가 사용된다. 또한 원거리 통신에 위성을 사용한다.
우주환경의 영향	위성-지상 통신 : 신호의 상태는 수신신호의 위상과 진폭의 변동을 유발하며 전리층의 불균일성에 의해 영향을 받는다. 불균일성은 우주환경 변화 시 극지방에서 증가된다.

2. 태양활동에 의한 전파장애

가. 태양플레어에 의한 단파장 감쇄

태양플레어 발생 후 수 분 이내에 자외선과 X선이 지구의 낮 지역을 강타한다. 이 고에너지 복사는 대기입자에 의해 흡수되어 에너지 상태를 여기시켜 광전효과에 의해 자유전자를 증가시킨다. 지구의 낮 지역에 걸쳐 전리층의 D, E층의 전자밀도는 급격히 증가한다. 이러한 태양 플레어에 의해 HF 파장대의 단파는 전리층 하층의 입자증가로 인해 흡수되는데 그 결과 전파통신에 장애를 유발한다. 이를 단파 페이드아웃(Short Wave Fadeout, SWF)이라 한다.

나. 태양 프로톤 현상과 Polar Cap 흡수 현상에 의한 단파통신 장애

때때로 지구에는 태양으로부터 매우 빠른 속도를 가진 프로톤 입자구름이 불어온다. 이를 태양 프로톤 현상이라 한다. 태양 프로톤은

자극 근처의 지구 자기권을 투과하며 천만 eV이상의 에너지를 갖고 전리층에 도달한다. 이때 대기입자들과 충돌하여 자유전자를 발생시켜 전리층의 D, E층의 전자밀도를 증가시킨다.

이러한 저층의 전리층에서의 입자들의 증가는 HF 영역에서의 단파통신 두절을 유발한다. 이를 Polar Cap 흡수 현상이라 한다. 일반적으로 D, E층의 낮은 전리층에서 반사되는 저주파 전파는 전파경로의 급격한 변화로 인하여 평소보다 낮은 높이에서 반사된다.

3. 전리층에 의한 전파 장애

전리층은 지표면 상공 약 50km부터 2,000km까지의 공간을 일컫는 것으로 입자들의 이온화가 매우 중요한 물리적 파라미터로 작용하는 영역으로 전자밀도 분포에 따라서 C, D, E, F1, F2층으로 나눌 수 있다. 이온화를 일으키는 주원인은 태양으로부터 방출되는 자외선과 X선과 같은 전자기 복사이다. 전리층의 변화 현상은 일일, 계절, 위도, 태양 활동 주기에 따른 변화 등 크게 4가지로 나눌 수 있다. 일일변화는 전리층 생성의 주요한 원인인 태양 복사의 존재 유무에 따라서 밤과 낮의 전자밀도가 차이가 발생한다. 특히 야간에는 F1, F2층의 구분이 사라진다. 계절 변화는 사계절에 따라서 F2층의 높이가 변하는데 우리나라의 경우 춘, 추분에서 F2층의 임계주파수인 foF2 값이 연중 최대값을 가지며 여름과 겨울에는 상대적으로 낮게 측정된다. 그리고 전리층은 저위도, 중위도, 고위도마다 변화 양상이 각기 다르게 나타나며 태양 활동 주기에 따라서 foF2 측정값이 2배 이상 차이가 나기도 한다. 특히 태양 활동 주기 변화에 있어서 foF2 값의 변화를 가지고 예측이 가능할 정도로 태양활동과 밀접한 관계가 있다 그 외에 태양과 지구 자기권으로 유입되는 강력한 전하입자와 은하 우주선도 전리층 이온화에 커다란 영향을 미친다.

자기폭풍과 태양 코로나 물질 방출(CME) 등은 지구 자기권과 전리층까지 영향을 준다. 많은 통신망은 장거리 교신을 위해 전리층에서 전파의 반사를 이용하므로 우주환경 변화에 의한 전리층 교란은 항법시스템의 신호와 지상 통신에 영향을 미친다. 전리층의 갑작스런 교란을 의미하는 Sudden Ionospheric Disturbance(SID)는 태양의 플레어가 발생할 때 수반되는 X-선 복사에 기인한다. 이들은 다른 층에도 영향을 미치지만 특히 D층의 전자밀도를 비정상적으로 증가시킨다. 또한 플레어나 CME에 수반된 고에너지 하전입자들이 극관 영역의 상층대기로 입사하여 D층의 전자밀도를 증가시키는데 이러한 현상을 극관흡수(polar cap absorption, PCA)라 한다.

○ 전리층 교란과 관련된 통신장애

- MF, HF, VHF 전파흡수
- 최적운용주파수 변동
- 전파의 위상, 진폭, 편파파동
- GPS 정밀도 에러
- HF/VHF 전파간섭

제 4 절 우주환경변화에 따른 피해 사례

태양 플레어가 폭발하는 순간 방출되는 물질은 1천만℃까지 가열되며 이처럼 높은 온도에서는 엄청나게 많은 X-선과 자외선 복사가 방출된다. 태양 플레어 현상이 새삼 중요하게 떠오르고 있는 것은 바로 이 X-선과 자외선 같은 고에너지입자가 지구에 엄청난 영향을 미치기 때문이다. 이들 고에너지입자는 우주공간에 떠 있는 인공위성의 태양 전지판이나 핵심 부품을 그대로 통과해 아예 못쓰게 만들어버린다. 문제는 여기서 그치지 않는다. 플레어 현상은 코로나질량방출(Corona

Mass Ejection, CME)을 동반하고, 이는 커다란 자석인 지구에 일대 혼란을 일으킨다. 태양으로부터 온 전자가 유입되면서 자력이 강해지고 지구 내부를 향하는 자력선이 통과하는 지점에서는 나침반의 바늘이 북이 아닌 엉뚱한 방향을 가리키는 사태가 발생한다. 이처럼 지구 자기장의 교란으로 인해 항상 북을 가리키던 나침반의 바늘이 갑자기 남쪽이나 서쪽을 가리키는 일이 생기게 되는 것이다. 전문가들은 최근 2003년 10월 28일 태양 플레어 폭발이 발생하였을 때 우리나라 상공에서 오로라가 관측된 것도 한반도 주변의 자력선이 강해지면서 우주에서 날아온 입자를 강하게 끌어당긴 결과로 설명하고 있다. 이밖에도 태양 플레어 현상은 지구에 다양한 영향을 미친다. 플레어가 진행되는 동안 방출된 파장 복사는 지구 상층 대기를 가열시킨다. 1981년 우주왕복선 콜롬비아 호에 탑승했던 우주인은 지구를 선회하는 중에 260km 상공 대기의 온도가 정상치를 훨씬 벗어난 사실을 관측했다. 당시 측정온도는 2,200K(K는 절대온도)로 평상시의 1,200K를 훨씬 웃돌았다. 이렇게 상층 대기가 가열되면 팽창하기 때문에 지구 대기는 우주 밖으로 더 확장된다. 따라서 우주선과 대기의 마찰이 증가하고, 덕분에 인공위성을 낮은 고도로 끌어내리는 결과도 초래한다. 1989년에 미 위성추적소가 1만 개가 넘는 위성의 궤도를 추적하지 못했던 것도 바로 이런 현상으로 위성들이 계산된 궤도에서 벗어났기 때문이다. 또한 1982년 11월에 발생한 태양플레어는 고에너지 양성자를 다량 방출했다. 이때 운량을 조사하는 GOES 4호 기상위성의 가시광선 및 적외선 spin-scan radiometer가 45분 동안 작동을 멈추었다. 그리고 태양활동 극소기인 지난 1997년 1월 미국 AT&T사의 통신방송위성인 텔스타 401호의 기능이 상실됐던 것이 대표적인 피해 사례로 꼽히고 있다.

또한 대규모의 자기 폭풍 또한 지구의 영향을 미친다. 지난 1994년 1월에는 강한 전자의 이상증가로 캐나다 위성에 장애가 생겨 전화두절 및 TV, 라디오 수신 불능 사태가 발생했던 경우도 있고 지난 1991년 4월에는 자기폭풍으로 미국의 핵발전소 변압기가 파손된 사례도

있다. 1940년 3월에 발생한 자기폭풍은 미국 Minnesota주 Minneapolis시의 거의 80%에 해당하는 시외전화선을 불통되게 했으며, 1958년 2월에 발생한 자기폭풍은 Western Union사의 North Atlantic 전신케이블에 심각한 장애를 유발했다. 그리고 Bell 전화회사의 경우는 Newfoundland에서 Scotland에 이르는 대서양횡단 케이블에 의한 음성통신의 장애가 발생했다. 1972년 8월에는 Bell 전화회사의 Illinois주 Plano시와 Iowa주 Cascade시를 연결하는 동축케이블을 30분간 불통시켰다.

이외에 지난 1989년 3월 자기폭풍 및 열권의 대기밀도 증가로 인해 미국, 일본, 캐나다 등 여러 국가의 위성 기능이 일부 파손됐고, 캐나다의 송신시설에 이상이 생겨 2만MW의 전력이 손실됐던 일도 있다.

표 3-3 우주환경의 급격한 변화에 따른 피해 사례

발생일	발생지역 및 피해사례	우주환경원인
1940년 3월 24일	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 Minnesota주 Minneapolis시 80%에 해당하는 시외전화선 불통 - 미국의 New England, New York, Ontario, Pennsylvania, Minnesota, Quebec시 전기 공급 차질 	대규모 자기폭풍
1958년 2월 9-10일	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 Western Union사와 North Atlantic 전신케이블에 심각한 장애 - 미국의 Bell 전화회사의 대서양 횡단구간(Newfoundland-Scotland)의 대서양 횡단케이블에 음성통신 장애 발생 - 캐나다 Toronto시 일시적인 정전 	자기폭풍
1972년 8월 4일	<ul style="list-style-type: none"> - 미국의 Bell 전화회사의 Illinois주 Plano시와 Iowa주 Cascade시간의 연결 동축케이블의 30분간 불통 - 캐나다의 British Columbia 수력발전소 변압기의 기능 마비 	강력한 자기폭풍
1982년 11월 26일	<ul style="list-style-type: none"> - 운량(Clould cover) 조사를 하는 GOES4 기상위성의 가시광선 및 적외선 spin-scan radiometer가 45분간 작동 멈춤 * 이 기간 동안에 강력한 폭풍우가 미국의 California주 해안을 강타하는 기간 동안에 일어났기 때문에 문제점 부각 	태양플레어에서 방출된 고에너지 양성자
1989년 3월 13-14일	<ul style="list-style-type: none"> - HF대는 전 세계적으로 거의 사용이 불가했고, VHF 방송은 비정상적으로 멀리 전파하고 심한 전파 간섭 현상을 유발 - 일본 위성의 이중이여 명령회로가 절반이나 파손 - 미국 NASA가 운영하는 인공위성 궤도가 3mile(5km)나 낮아짐(위성수명 단축) - 캐나다의 Quebec주 전역 송전시설에 2만 MeW의 전력손실 야기 	강력한 자기폭풍과 대기 밀도 증가

	<ul style="list-style-type: none"> * 이로 인해 수백만 주민에게 전력공급의 차질을 야기 했는데 문제발단에서 송전시설 마비까지 약 90초간 소요되었다. * 태양 흑점 극대기에 일어난 우주환경 영향의 최대 사건 	
1991년 4월 29일	미국 Main주 Yankee 핵 발전소 변압기가 심각하게 파손	자기폭풍
1994년 1월 20-21일	<ul style="list-style-type: none"> - 캐나다의 인공위성 Anik E1, Anik E2와 Intelsat-K의 고장으로 전화, TV 및 라디오가 수 시간 동안 장애 * 인공위성 궤도상에서 전자밀도가 장시간동안 증가 - 동계올림픽대회 중 일본선수의 high-jump 스키도중 일본의 통신위성(BS-3a) Single Event Upset 현상 방송장애가 발생, 그 장면을 수신 불가 (일본의 우주환경 예보 활성화 제기) 	강력한 전자 이상 증가
1997년 1월 6-10일	<p>미국의 AT&T사의 통신, 방송위성 Telstar 401호의 기능상실로 수백만 시청자들에 대한 CATV 중계중단, \$ 2억 이상의 손해 발생</p> <ul style="list-style-type: none"> * 태양 흑점 극소기에 일어난 우주환경 영향의 최대 사건 	고 에너지 하전입자 유출

사례1.

日 환경관측위성 태양흑점 폭발로 교신 끊겨

[매일경제 2003-10-31 15:30]

일본의 우주항공당국 관리들은 30일 환경 관측위성 미도리 2호와의 교신이 지난 25일 이후 두절됐으며 최근 발생한 태양 흑점 폭발이 원인일 수 있다고 밝혔다.

일본 우주항공연구개발기구(JAXA)의 대변인은 "현재 미도리 2호와의 교신이 완전히 끊어졌다"며 이번 태양 흑점 폭발로 발생한 초강력 자기폭풍의 입자와 방사능이 컴퓨터 센서들을 파괴했을 가능성을 우려하고 있다고 말했다.

그는 그러나 "아직 이번 사고와 태양 흑점 폭발과의 연관성은 확신할 수 없다"며 "보다 정확한 원인을 규명하기 위해 노력 중"이라고 덧붙였다.

앞서 이번 흑점 폭발로 일시적인 교신 중단 사태가 발생한 통신위성 고다마호는 안전 모드로 전환됐으며 별다른 피해는 없어 조만간 활동을 재개할 것으로 알려졌다.

태양 흑점 폭발로 이번에 지구를 강타한 자기폭풍은 지난 89년 발생한 자기폭풍이후 14년 만에 최대 규모로 강도가 최고 등급인 G5에 이르며 폭풍의 크기만도 지구크기의 13배가 넘는 것으로 관측됐다.

사례2.

일본 통신위성, 태양 흑점 폭발로 교신 중단

[연합뉴스 2003-10-30 00:27]

(도쿄 =연합뉴스) 일본이 발사한 한 통신위성이 태양표면 중심부의 흑점이 폭발, 관측 사상 세 번째로 강력한 플레어(Flare)가 발생함에 따라 고장을 일으켜 교신 중단 모드로 전환돼 있다고 일본 관리들이 29일 발표했다.

일본 우주개발국(NASDA)은 고다마 통신위성이 전날 밤 플레어의 영향을 받아 고장을 일으켜 잠정적으로 교신 중단 상태에 있다고 밝혔다.

NASDA은 데이터 중계 역할을 하는 이 위성이 흑점 활동이 줄어들면 다시 교신이 가능하게 된다고 전했다.

고다마 위성은 작년 9월10일 가고시마(鹿兒島)縣 다네가시마(種子島) 우주 센터에서 위성과 지상연구센터간의 데이터 전송을 목적으로 발사됐으며 수명은 7년으로 알려졌다.

한편 과학자들은 이번 흑점 폭발로 수백만 캐나다 가구가 정전 피해를 입었던 지난 1989년과 같은 사태가 재발하지 않을 까 우려를 나타내고 있다.

사례3.

북 "19-20일 지자기 폭풍..심장질환자 주의"

[연합뉴스 2005-01-19 22:00]

(서울=연합뉴스) 함보현 기자 = 북한의 조선중앙방송은 19-20일 강력한 지자기 폭풍이 예견된다면서 심장질환자들은 건강에 각별히 주의할 것을 당부했다.

중앙방송은 19일 러시아 우스리스크천문대의 통보를 인용, "태양 활동이 활발해져 현재 태양에 4개의 흑점이 생겨났으며 그 중 하나는 기구가 없이도 관찰할 수 있다"며 "태양의 폭발은 지구 물리화학적 후과(나쁜 결과)를 가져올 수 있다"고 말했다.

이어 "19일과 20일 강력한 지자기 폭풍이 나타나게 될 것이 예견되므로 이 기간 심장질환이 있는 환자들은 특별히 건강에 관심을 돌려야 한다"고 강조했다.

방송은 "다시 알려드리겠습니다"며 이례적으로 같은 내용의 보도를 반복 보도했다.

한편 북한은 태양활동을 관측해 매달 지자기의 영향으로 인체에 좋지 않은 날을 예보하고 있다.

사례4.

폭발때 우리위성들 ‘개점휴업’

[한겨레 2003-11-04 19:56]

지난달 말 대규모 태양 폭발 때 우리나라 인공위성들은 한동안 비상체제에 들어갔으나 태양풍의 영향을 피하진 못했다.

컴퓨터 회로등에 쇼크 대비 과학기술위성 등 임무 중단

아리랑위성 1호의 지상국인 항공우주연구원 위성운영센터의 김해동 선임연구원은 “태양풍은 전자와 양성자 등 고에너지 입자들과 함께 날아들기 때문에 위성체의 컴퓨터 회로와 반도체에 ‘쇼크’를 일으켜 오작동을 일으킬 수 있다”며 “위성카메라나 과학장비 등의 임무 수행을 멈추고 태양풍이 지나가길 기다리는 게 최상책”이라고 말했다.

이 기간에 아리랑 1호와 과학기술위성 1호는 임무 수행을 모두 중단한 채 ‘생존을 위한 최소의 작동’만을 유지했다. 위성방송·통신 서비스를 계속해야 하는 무궁화위성은 예비장치를 모두 끄고 최소 서비스만을 하는 비상체제에 들어갔다.

하지만 태양풍은 위성의 자세를 흐트러뜨리기도 했다. 무궁화위성 용인관제국의 박태호 부장은 “태양풍의 강한 압력에 밀려 무궁화위성의 자세가 한때 흐트러져 곧바로 이를 복원하느라 진땀을 뺐다”고 말했다.

저궤도 위성엔 고도 저하의 영향을 주었다. 강한 태양 폭발 땀 복사열

에너지가 커져 지구 대기 밀도도 덩달아 높아지기 때문에, 대기 저항이 커져 지상 1천km 이하 저궤도 위성에선 비행 고도가 평소보다 더 떨어진다. 김해동 연구원은 “평소 하루에 5m씩 고도가 떨어지는데 태양 폭발이 심했던 지난달 25~29일엔 평소 4배쯤인 하루 20m씩 떨어졌다”고 말했다. 2001년 태양 폭발이 활발할 때엔 하루 30m씩 떨어지기도 했다.

그러나 태양풍의 고에너지 입자들은 지상까지는 쉽게 도달하지 못한다. 고에너지 입자들은 지구 자기력선의 영향으로 대부분 지상 3천~2만km에 띠를 이뤄 밀집하는데, 이런 방사능대는 고에너지 입자들이 지상에 그대로 떨어지는 것은 막는 방파제 구실을 한다.

제 4 장 국외 우주 전파 환경 예·경보 체계

제 1 절 개요

미국, 일본, 유럽 등지에서는 우주 환경 연구가 활발히 진행되고 있으며 그에 따른 예보와 경보는 체계적으로 시행되고 있다. 본 장에서는 미국의 SEC, 일본의 NICT, 유럽연합의 ESA, 호주의 IPS 각각의 기관에 대한 간략한 소개와 어떻게 우주 전파 환경을 예·경보 하는지에 대해서 알아볼 것이다.

제 2 절 SEC (Space Environment Center)

미국 우주환경 연구센터(SEC: Space Environment Center)는 상무부(National Oceanic & Atmospheric Administration, U.S. Dept. of Commerce) 소속으로 지구의 우주 전파 환경을 계속적으로 모니터링 하고 예보함으로서 정확하고 믿을만한 태양-행성 간 정보를 제공하여 우주환경을 이해하고 연구하는데 중요한 역할을 한다.

1. 현황

- 상무성 해양대기청(NOAA) 직속기관(연구인력 50여명)
- 운영목적
 - 지구 주변 우주환경의 관측 및 분석
 - 우주환경의 현황통보 및 예보, 태양활동도 요약보도
- 국방부, 항공우주국, 교통성 등 범 정부차원의 연구협력체계 구축

2. 조직

미국 우주환경 연구센터는 행정 분과 이외에 과학, 기술 분과와 예보와 경보 분과로 나뉘어 있다.

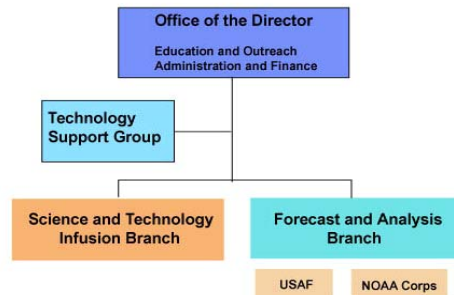


그림 4-1 SEC의 조직도

3. 우주 환경 예보

SEC에서는 태양의 이미지, 지자기 폭풍 등을 통해 현재 우주환경을 알려준다. 그 밖에도 각종 위성 데이터와 K, A 지수와 태양풍에 대한 정보도 확인할 수 있다.

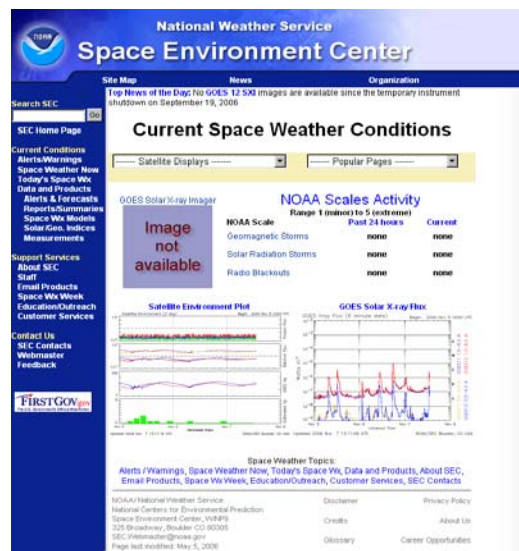


그림 4-2 SEC의 Web

GOES 12와 13 위성은 태양 x-선 이미지를 통해 태양의 홍염, 코로나 질량 분출과 같이 우주환경에 영향을 미치는 태양의 활동을 관찰하고 있다. 또한 위성에서 보내오는 데이터 plot을 실시간으로 확인할 수 있다.

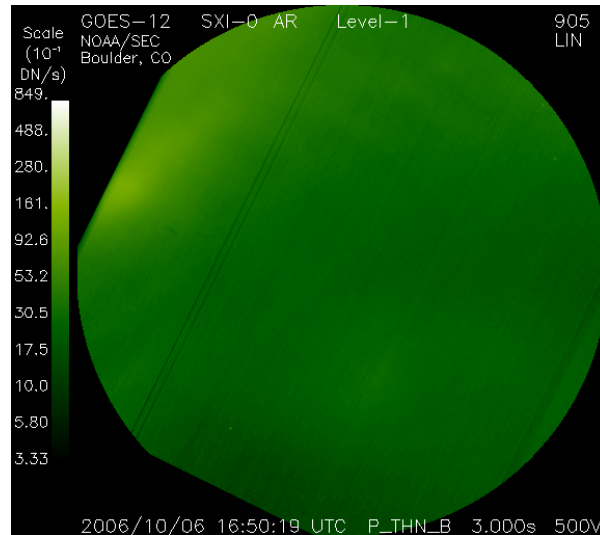


그림 4-3 GOES 위성의 태양 x-선 이미지

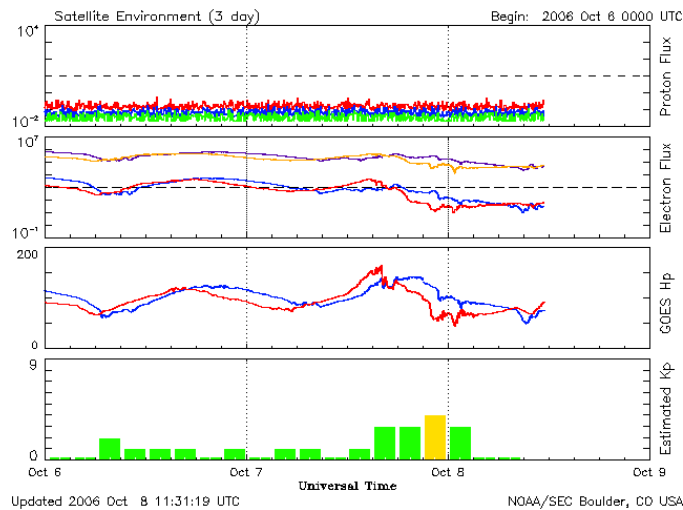


그림 4-4 GOES 위성의 태양 x-선 플럭스

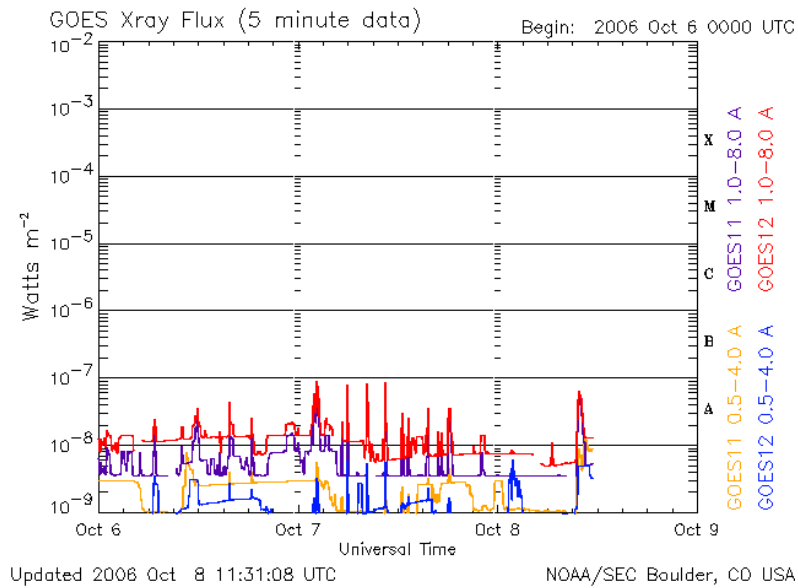


그림 4-5 GOES 위성 주위의 환경

SEC에서는 ACE, GOES, POES 의 세 개의 위성으로부터 데이터를 받아 예보와 경보를 한다. 각각의 위성에서 받는 데이터는 다음과 같다.

가. ACE

- Dynamic ACE RTSW plot:
 - 태양풍(자기장(θ , ϕ Bx, By, Bz, Bt),
 - 플라즈마(온도, 시선방향 속도, 밀도))
 - 저 에너지 전자, 양성자, 고 에너지 양성자
- 매분 데이터(2006. 8. 20~), 매 시간 데이터(2005. 8~)
- Geomagnetic activity test 모델 링크
- 지상 관측소 tracking (6 시간, 48시간 plot)

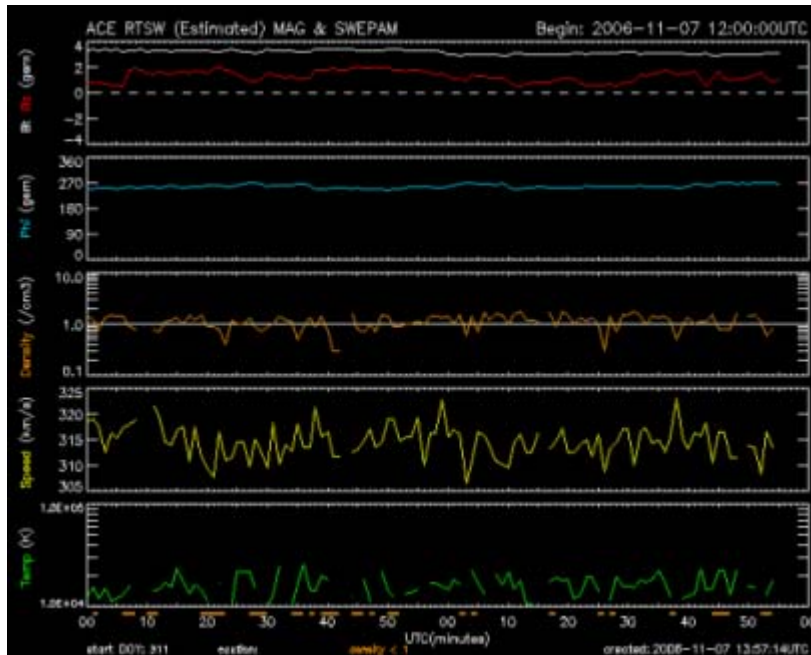


그림 4-6 Dynamic RTSW plot (태양풍)

나. GOES

- 태양 x-선 이미지 (1분, 5분 데이터)
- D-region (전리층 고도 50~90km 지역) 흡수 예측
- 위성 주위 환경
- 자력계, Hp 성분
- 양성자, 전자 flux

다. POES

- 오로라 지도 (현재 각 극지방의 오로라 형태, 위치)
북, 남반구의 오로라 모양과 세기, 실시간 plot, 주요 도시와 지구 전체의 Kp 지수 map
- Energetic 입자 (매일의 관측 시작점, 끝점 표시)
에너지 대역별 데이터, 태양 양성자 plot

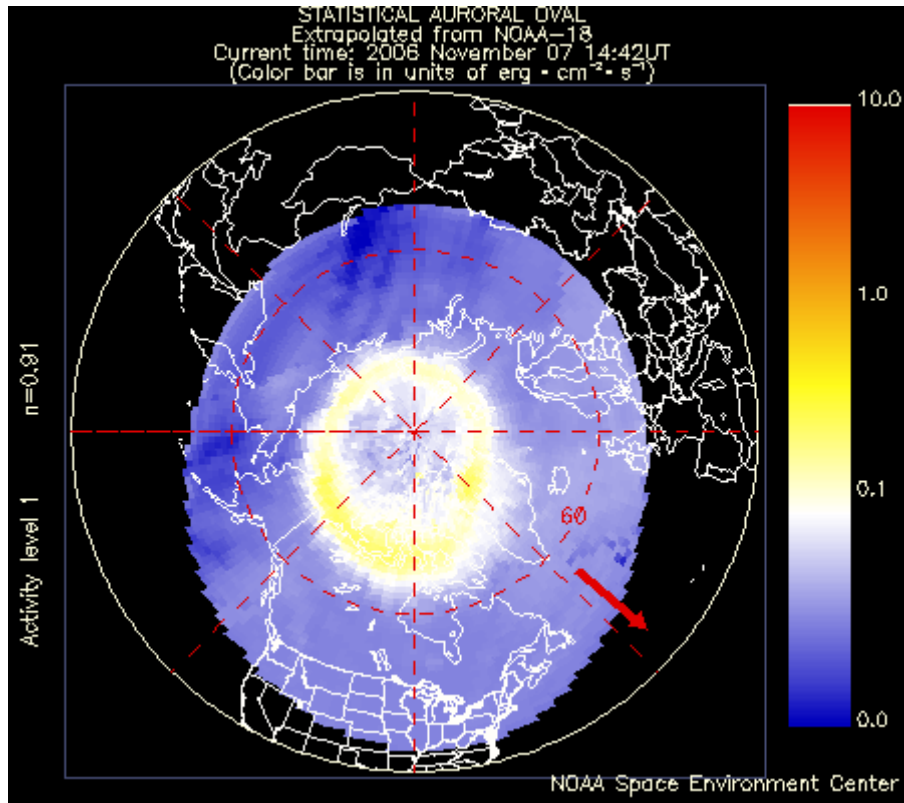


그림 4-7 POES 위성에서 찍은 북반구 오로라 모양

4. 예보 및 경보

가. 일간 예·경보

- 3시간 geophysical 경보
- 태양과 지구의 활동 리포트, 3시간 간격 예보
- 3일간의 우주환경 예보

Joint USAF/NOAA Report of Solar and Geophysical Activity
SDF Number 310 Issued at 2200Z on 06 Nov 2006

IA. Analysis of Solar Active Regions and Activity from 05/2100Z to 06/2100Z: Solar activity was low. Region 921 (S06W39) produced a long duration C2 flare at 06/1051Z. A C8 flare occurred at 06/1746Z, with an associated Type II radio sweep and tenflare. SOHO/LASCO C2 imagery indicates an associated CME from the east limb at 06/1854Z. A new CME-producing active region is just starting to rotate onto the east limb as seen on EIT/SXI imagery.

IB. Solar Activity Forecast: Solar activity is expected to be very low to low.

IIA. Geophysical Activity Summary 05/2100Z to 06/2100Z:
The geomagnetic field was quiet

IIB. Geophysical Activity Forecast: The geomagnetic field is expected to be quiet on 07-08 November. Quiet to active conditions are expected on 9 November as a recurrent coronal hole rotates into a geoeffective position.

III. Event Probabilities 07 Nov-09 Nov
Class M 10/10/10
Class X 01/01/01
Proton 01/01/01
PCAF green

IV. Penticton 10.7 cm Flux
Observed 06 Nov 084
Predicted 07 Nov-09 Nov 085/090/090
90 Day Mean 06 Nov 078

V. Geomagnetic A Indices
Observed Afr/Ap 05 Nov 003/005
Estimated Afr/Ap 06 Nov 003/005
Predicted Afr/Ap 07 Nov-09 Nov 005/005-005/005-012/020

VI. Geomagnetic Activity Probabilities 07 Nov-09 Nov
A. Middle Latitudes
Active 10/10/30
Minor storm 05/05/15
Major-severe storm 01/01/05
B. High Latitudes
Active 20/20/45
Minor storm 10/10/25
Major-severe storm 05/05/10

그림 4-8 SEC의 태양, 지구 활동 보고

나. 주간 예·경보

- 주요 사건 (태양 활동, 고에너지 입자 증가, 지자기 활동)과 27일간의 태양-지구 환경 예측
- 27일간 10.7cm 전파, Ap, Kp 지수
- 우주 환경 상황 보고

예시 4-1. 주간 주요사건 보고 및 예보

Product: Weekly Highlights and Forecasts
Issued: 2006 Oct 31 2224 UTC
Prepared by the US Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center
Product description and SEC contact on the Web
<http://www.sec.noaa.gov/weekly.html>

Weekly Highlights and Forecasts
#

Highlights of Solar and Geomagnetic Activity

23 - 29 October 2006

Solar activity was at very low levels. Only a few low level B-class flares were observed during the period.

No greater than 10 MeV proton events were observed.

The greater than 2 MeV electron flux at geosynchronous orbit was at high levels on

23 - 27 October.

The geomagnetic field ranged from quiet to active levels at middle latitudes, while high latitudes experienced quiet to major storm conditions. The period began under the tail end of a coronal hole high speed stream. Solar wind speed at ACE was decreasing from a high around 525 km/s while the IMF Bz did not vary much beyond ± 5 nT. As a result, the geomagnetic field was at quiet to unsettled levels. Wind speed continued to decrease to a low of approximately 300 km/s midday on 27 October. Late on the 27th, density, temperature and wind speed increased, all indicative of a co-rotating interaction region in advance of a coronal hole high speed stream. Early on 28 October, the IMF Bz began fluctuating between ± 10 nT and by the end of 28 October, the geomagnetic

field had responded with unsettled to active conditions at middle latitudes, and active to major storm conditions at high latitudes. By the end of the summary period, wind speed increased to near 600 km/s and the geomagnetic field remained at similar storm levels.

Forecast of Solar and Geomagnetic Activity

01 - 27 November 2006

Solar activity is expected to be at very low to low levels.

No greater than 10 MeV proton events are expected.

The greater than 2 MeV electron flux at geosynchronous orbit is expected to be at high levels on 01 - 03 November, 10 - 23 November, and 25 - 26 November.

The geomagnetic field is expected to be mostly quiet to unsettled for the majority of the forecast period. Recurrent coronal hole high speed wind streams are expected to rotate into geoeffective positions on 09 - 11 November, 17 November, and again on 24 - 25 November. Unsettled to minor storm periods are possible on 09 - 11 November and 24 - 25 November, while unsettled to active levels are expected on 17 November.

다. 월간 예·경보

- 태양 주기 진전
- 태양 흑점 수 월간 예측, 10.7cm 전파 플럭스

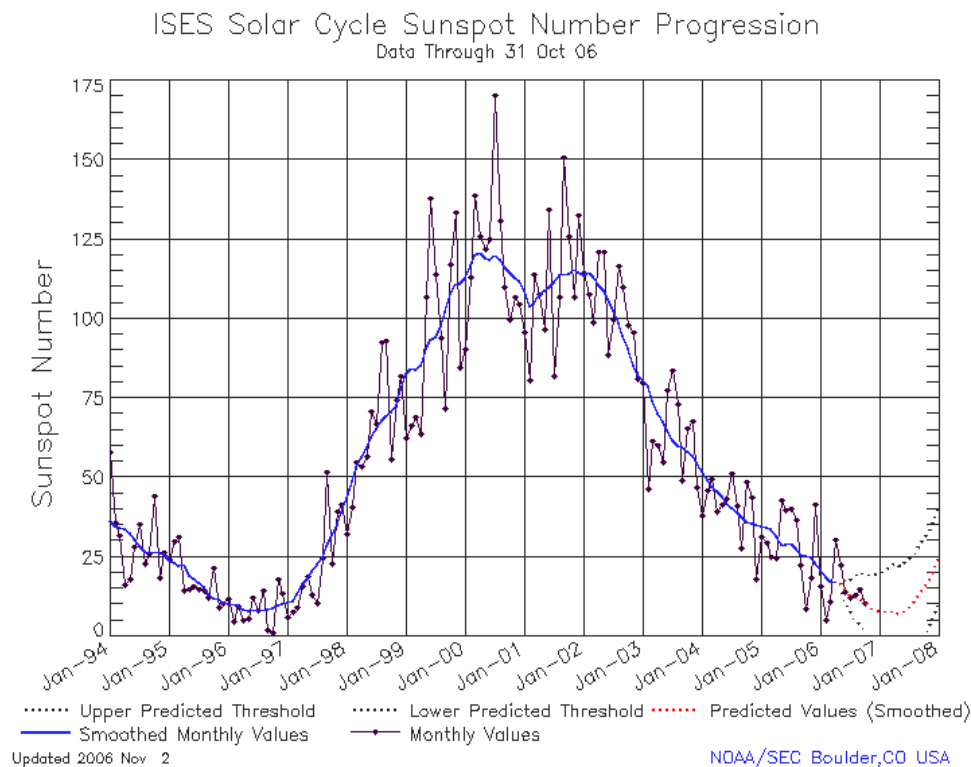


그림 4-9 SEC의 태양 흑점 수 예측

그 밖에도 주간, 월간 데이터를 공개하여 자세한 정보를 확인 할 수 있고, 각종 예보와 경보, 지수나 우주 환경에 대한 자세한 설명이 되어 있어 그 내용을 알기 쉽게 하였다. 또한 우주 환경을 예측하는데 사용한 모델과 그에 대한 설명, 위성과 관측기기에 대한 설명도 모두 링크되어 있어 관심 있는 사람은 더욱 많은 정보를 접할 수 있도록 되어있다.

SEC는 2년마다 사업에 대한 개요와 자금문제, 위성에서의 데이터 수집, 결과, 조직구조 등에 대한 review를 발간하고 있다. 그리고 회원 가입을 하고 관심 분야를 설정하면 각종 경고, 경보와 예보, 개요 등을 e-mail로 받아 볼 수 있다. 또한 태양 활동, 우주 환경 등에 대한 설

명과 각종 논문 자료도 다운 받을 수 있게 하여 교육적인 측면에서의 활동도 하고 있다.

5. 서비스 현황

- 우주 환경 예보 사이트 운영.
- 매년 SEC 사용자 회의 개최.
- 회원 가입을 통해 각종 정보, 경고, 예보와 데이터 요약물 전자우편을 통해 제공.

제 3 절 NICT (National Institute of Information and Communications Technology)

일본 정보통신 연구기구(NICT)의 연구 그룹에 속해있는 우주 환경 연구 그룹은 인류 활동에 영향을 미치는 우주 환경을 보다 정확하게 예보하는데 기여하고 있다. 실시간 SOHO 태양 이미지, 흑점, 플레어, 태양풍, 자기 폭풍 등의 상태를 한 눈에 볼 수 있는 차트를 제공한다. 또한 NICT의 우주 환경 센터는 위성과 지상 관측소로부터 태양의 x-선 플럭스, 고에너지 입자 플럭스, 자기장, 태양풍의 속도와 밀도, 지자기 활동 등을 실시간으로 관측하여 매일 6:00 UT에 우주 환경 예보를 하고 있다. 또한 아래와 같은 desktop viewer를 통하여 실시간 우주 환경을 확인할 수 있는 서비스를 제공하고 있다.



그림 4-10 NICT의 우주 환경 홈페이지 화면

1. 현황

- 우정성 산하 통신총합연구소 우주과학부 및 히라이소 우주 환경 센터(연구인력 40여명)
- 운영목적
 - 단파통신에 대한 예·경보
 - 우주환경 자료의 수집 및 분석
- 자국내 오키나와(Okinawa), 와까나이(Wakkanai) 등 관측소 설치 운영
- 우주개발단(NASDA), 나고야 대학, 문부성 등 관계기관과 연계를 통한 연구 인프라 구축

2. 조직

우주 환경 그룹은 3개의 연구그룹 중에서 3번째 그룹에 속해 있다.

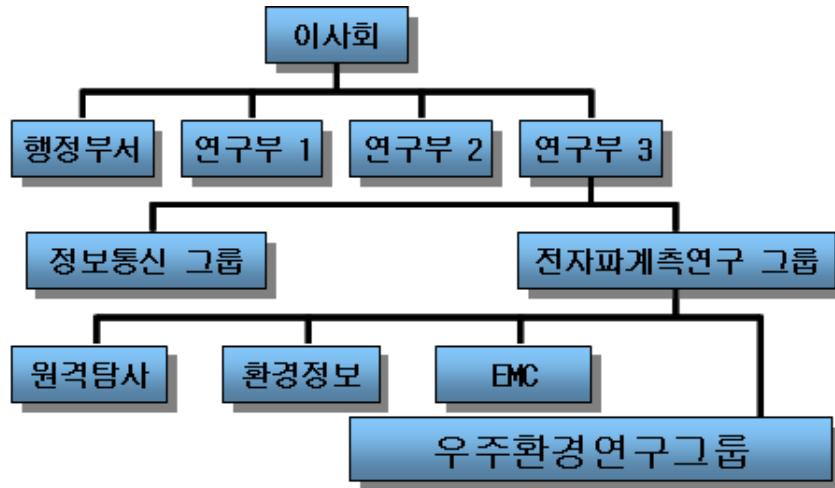


그림 4-11 NICT의 조직도

3. 우주 전파 환경 정보

가. 태양-지구 (Solar-Terrestrial)

(1) 경보 및 예보

날짜를 입력하면 태양과 자기장, 전리층의 지난 3달간의 경보와 예보를 확인할 수 있다. 경보는 일본, 미국, 벨기에, 중국, 호주 이렇게 다섯 개의 지점을 바탕으로 한다. 예보는 A-지수, 오타와 태양전파 플럭스, HF 전파 원거리 통신 (telecommunication) 지수에 대해서 하고 있다.

예시 4-2. 2006년 11월 7일 일본 도쿄

[GEOALERT](#311) from TOKYO issued on 07/06:00UT	

Local Observation	
Ground-based solar data : radio	
Space-based solar data : all (x-선s, particles, x-선, images)	
Magnetic data : ground-based magnetometers	
Ionospheric data : ionosondes	
ALERTS & ADVICES (FORECASTS)	
Flare forecast on 07(1days) : ERUPTIVE	
Magnetic forecast on 07(2days) : QUIET	
Proton forecast on 07(/days) : QUIET	

예시 4-3. 오타와 10.7cm 전파 플럭스

Ottawa 10cm Solar Radio Flux			
Predicted Ottawa 10-cm Flux (by SOLTERWARN)			
Date		6	7 8

F10cm(SFU)		85	85 85
Predicted Ottawa 10-cm Flux (by SOLTERWARN)TENCM 08506 08507 08508			

(2) 태양-지구 활동 차트

태양-지구 활동은 태양의 흑점, 플레어, x-선 플럭스, ACE 위성으로부터 받은 태양풍 데이터, 전자 양성자 플럭스, 지자기 활동(K-지수로 표현)등을 한 눈에 볼 수 있는 차트로 한 달(27일)씩 업데이트 된

(3) 지자기 활동 차트

- 75 -

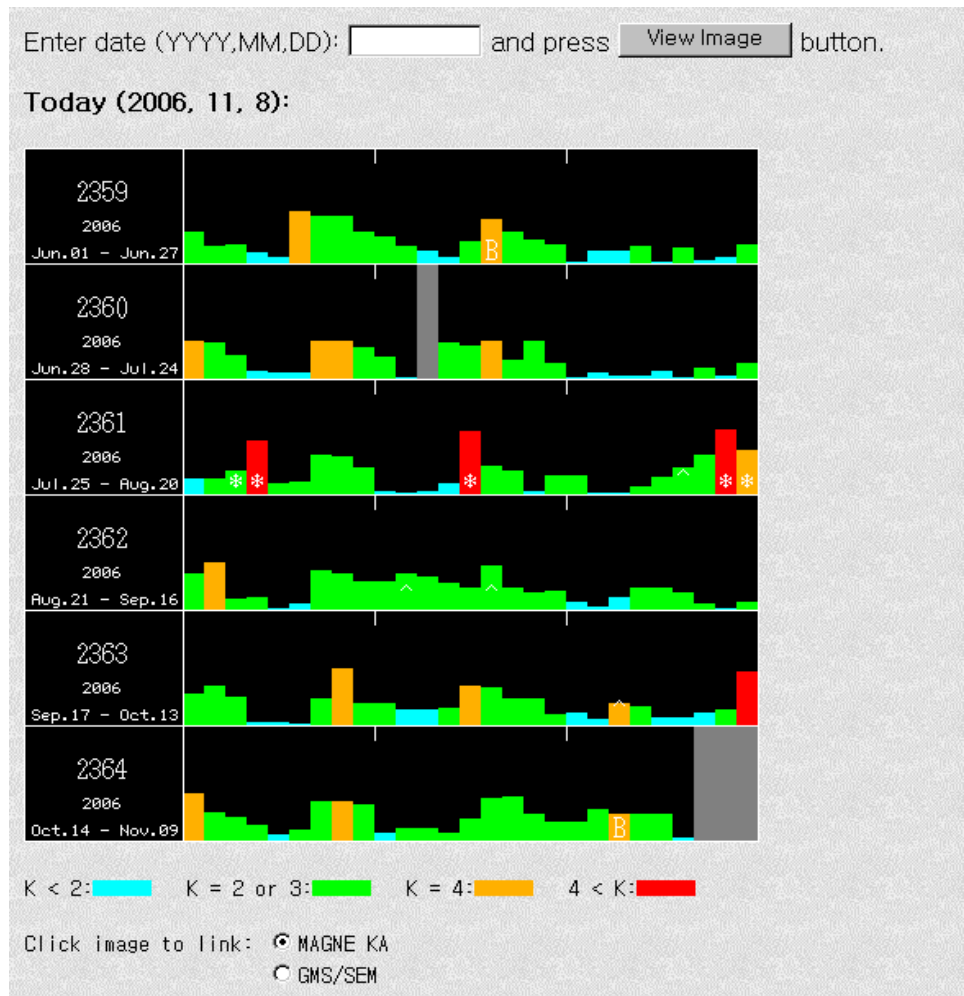


그림 4-13 NICT의 지자기 활동 차트

나. 태양 (Solar)

HiRAS (Hiraiso Radio Spectrograph) 홈페이지와 링크하여 실시간 HiRAS 데이터를 제공한다. (5분주기 업데이트)

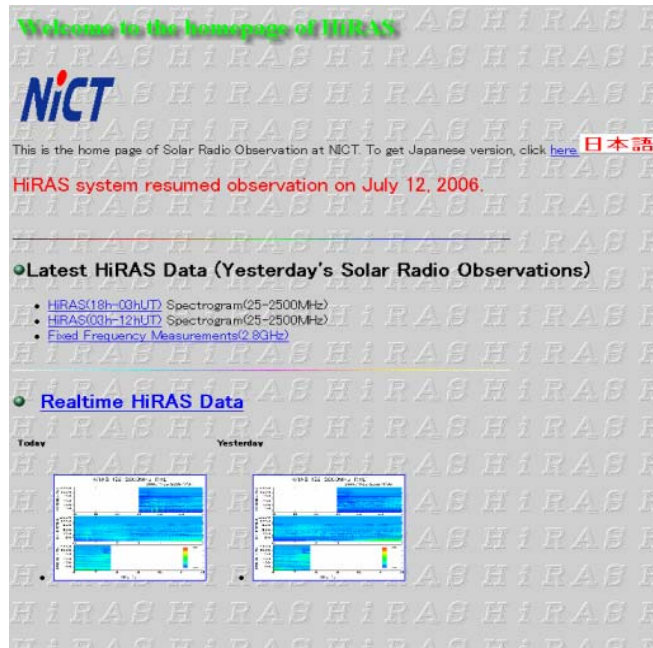


그림 4-14 HiRAS 홈페이지 화면

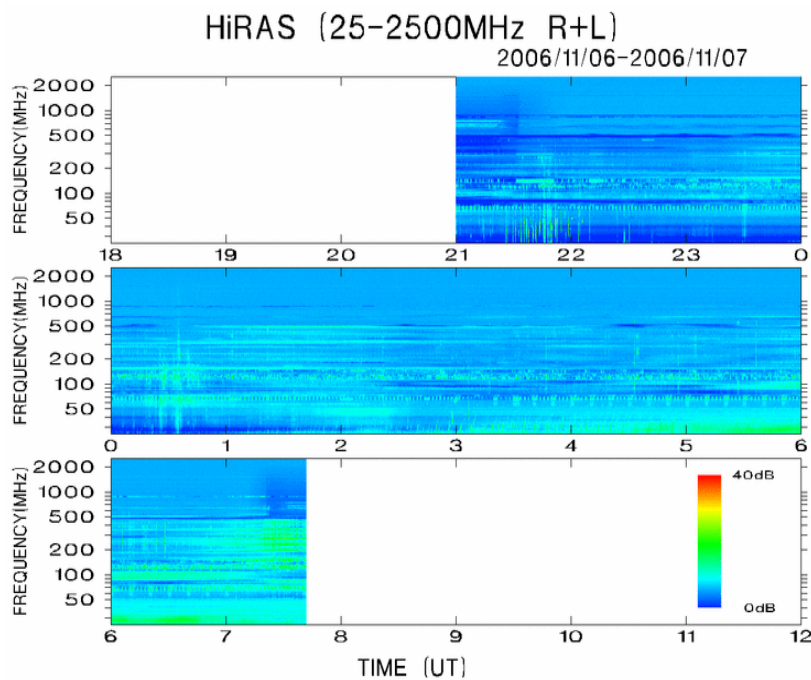


그림 4-15 HiRAS 실시간 데이터

다. 행성 간 공간 (Interplanetary)

- 행성 간 공간 입자 플럭스
- 행성 간 공간 변수(parameter): 태양풍의 밀도, 속도, 압력, 온도, 각 성분별 자기장의 세기, 방향을 표기. 1998년 1월 데이터부터 접근이 가능하다. 관측에 대한 이론적인 부분도 설명되어 있다.

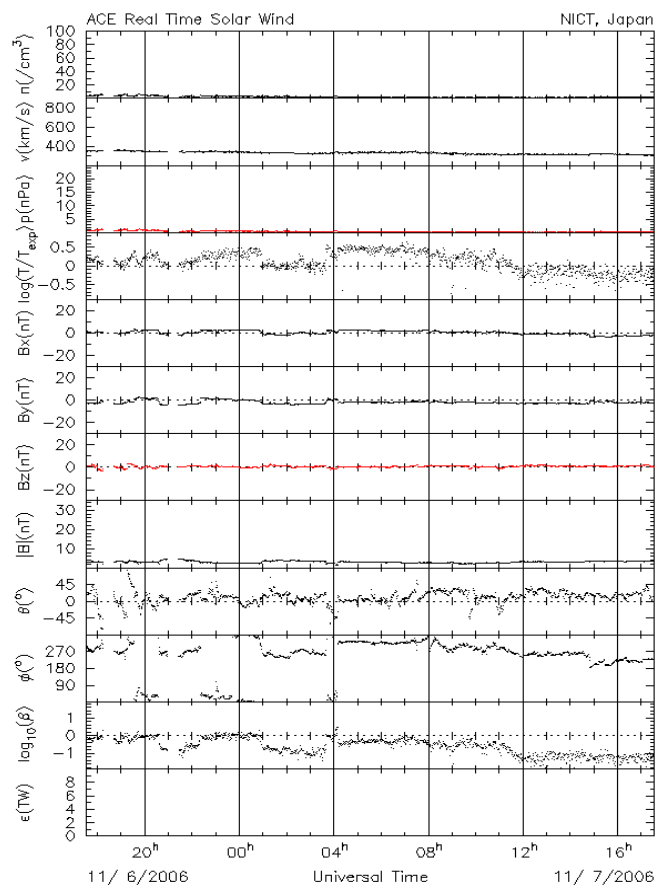


그림 4-16 ACE 위성의 태양풍 데이터

라. 자기권 (Magnetosphere)

(1) 지구 자기장 데이터는 21개의 관측소 중에서 선택하여 확인할 수 있다(실시간, 또는 날짜와 시간을 지정할 수 있다).

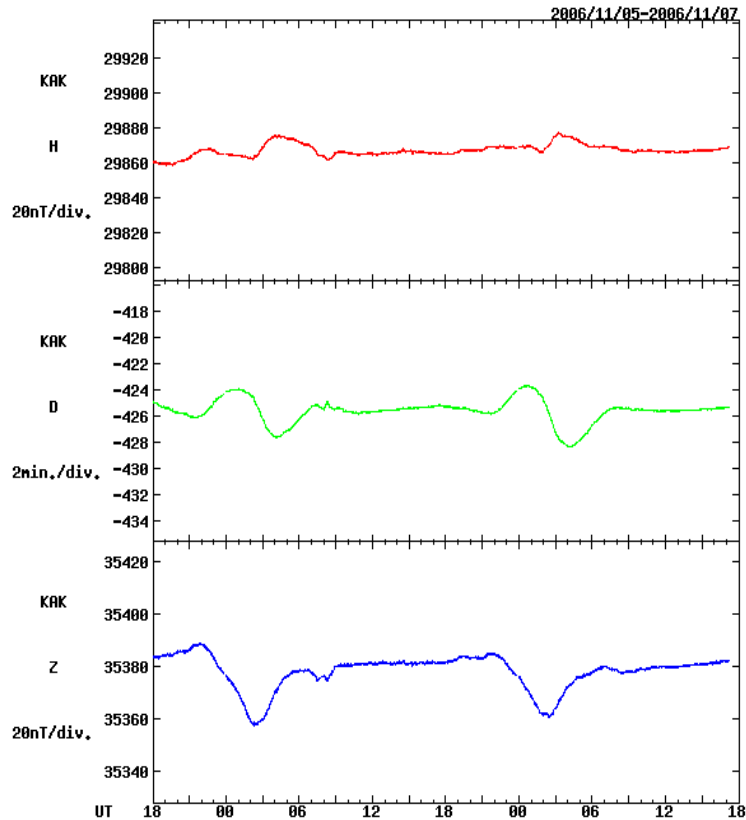


그림 4-17 Kakioka station의 지자기장 데이터

(2) 실시간 AL, AU, AE, Dst 지수 정보를 제공하고 있다. 지구 자기장 정보와 마찬가지로 실시간 또는 날짜와 시간을 지정해서 볼 수 있다.

(3) Dst 예보

신경망 알고리즘 (neural network algorithm)을 통한 일간, 주간
예보 (밀도, 속도, 자기장)

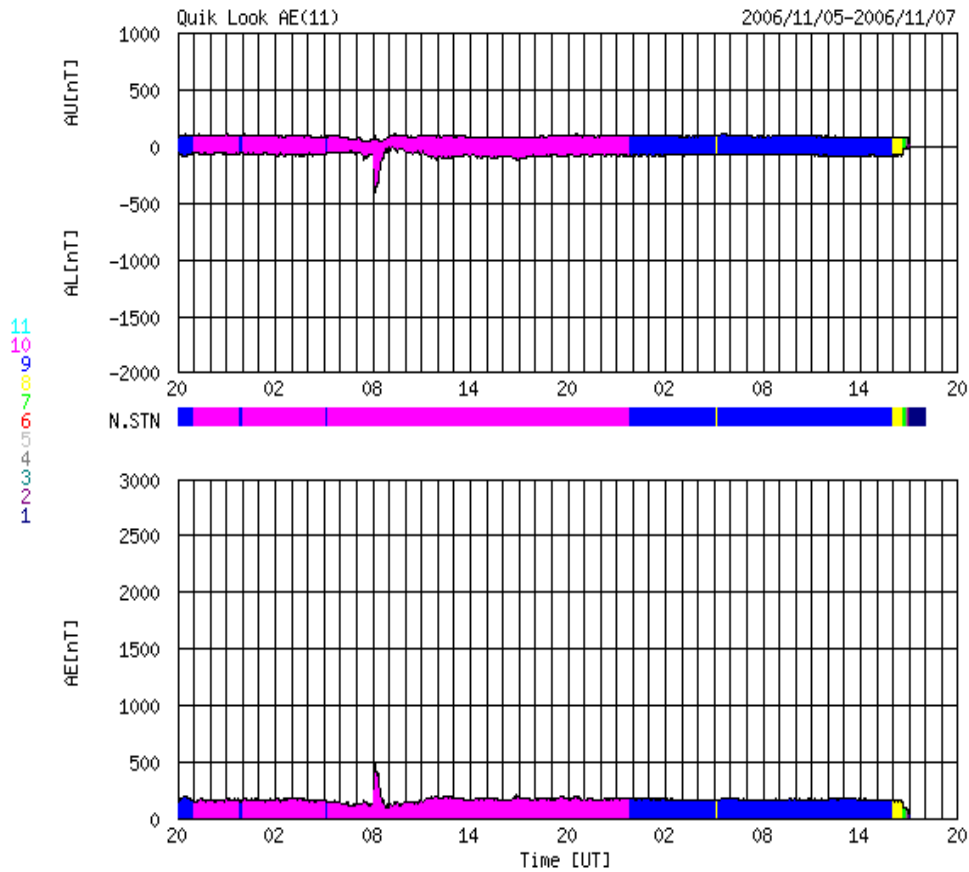


그림 4-18 실시간 AE, AL, AU 지수 plot

(4) 오로라 / 플라즈마권 이미지: IMAGE 위성에서 받은 이미지

(5) 실시간 자기장 시뮬레이션 (2006년 11월 6일부터 추가) 자기
장, 정지 궤도상의 플라즈마 온도, 밀도, 압력, 전리층의 대류 이
미지를 제공한다.

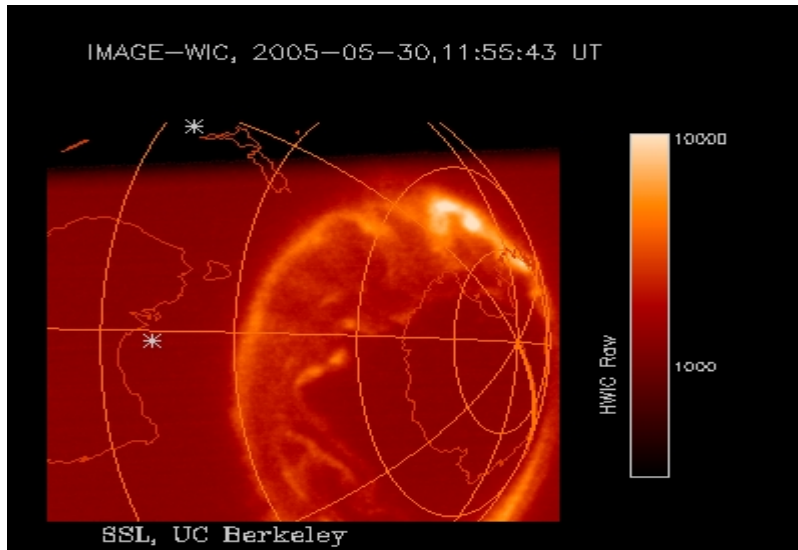


그림 4-19 IMAGE위성의 오로라 이미지

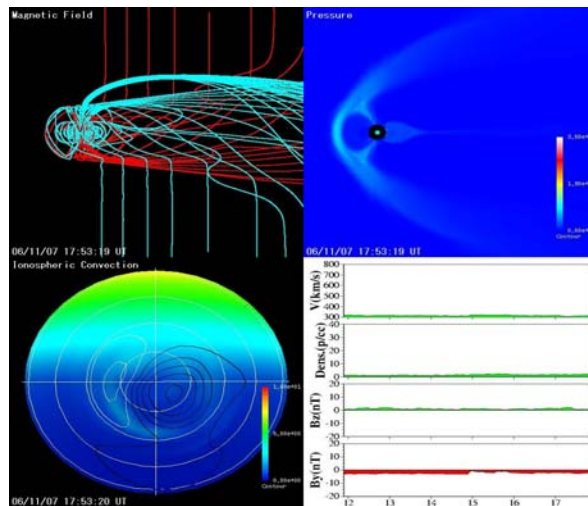


그림 4-20 NICT의 실시간 시뮬레이션 이미지

(6) 국제 실시간 자기권 관측 네트워크 (Intermagnet: International Real-Time Magnetic Observatory Network) 지구의 자기장을 관측하고 모니터링 하는 국제적인 네트워크로 (39개

국, 98개의 관측소 참여) 지자기 관측 데이터와 정보를 얻을 수 있다.

(7) Japanese Geosynchronous Meteorological Satellite에 장착된 SEM(Space Environment Monitor)로 측정 한 고에너지 입자(양성자, 전자, 알파입자)의 플럭스를 제공한다.

마. 전리층 (Ionosphere)

World Data Center C2에서 받은 데이터로 최근, 48시간, 30일 간격의 ionogram을 볼 수 있고, 전리층 상태를 실시간으로 확인할 수 있다.

Ionospheric status(2006/11/08 03:45 JST)

Station\Event	Storm	SID/WA	Es
Wakkanai			
Kokubunji			
Yamagawa			
Oogimi			

그림 4-21 NICT의 전리층 상태 예보

바. 우주 환경 정보

전파 통신, 위성 작동, GIC(Geomagnetically Induced Current), GPS, 태양 흑점 수, 10.7cm 전파 플럭스, 27일간 우주환경 순환 패턴 등을 제공한다.

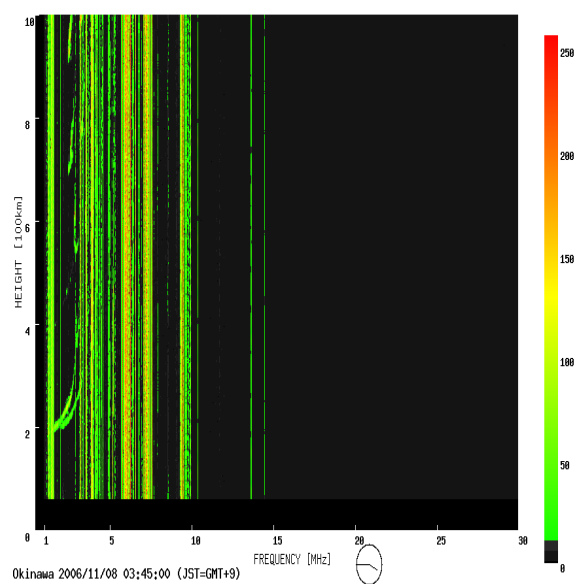


그림 4-22 Okinawa 관측소의
ionogram

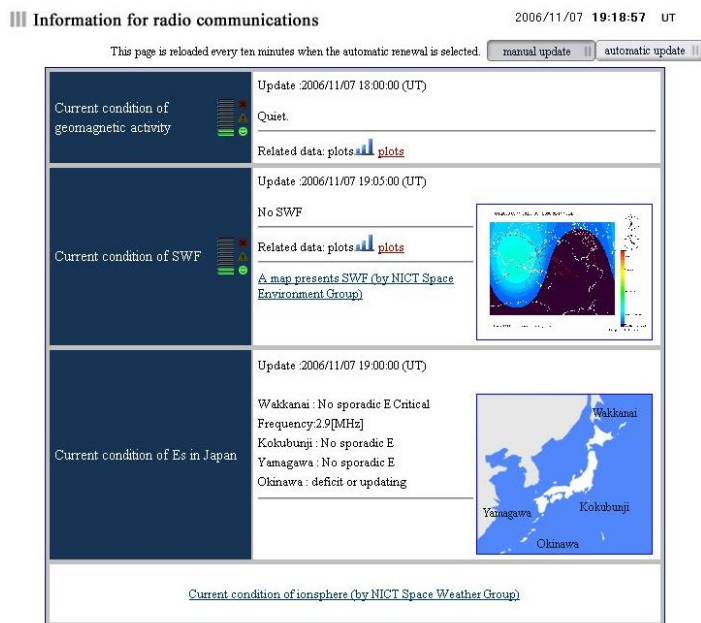


그림 4-23 NICT의 전파통신 관련 정보







Information for satellite operation

2006/11/07 19:21:06 UT

This page is reloaded every ten minutes when the automatic renewal is selected.

manual update

automatic update

Current condition of geomagnetic activity	 Quiet.	Update :2006/11/07 19:00:00 (UT) Related data: plots  Plots
Current condition of high-energy electrons	 Quiet.	Update :2006/11/07 19:10:00 (UT) Related data: plots  plots
Current condition of high-energy protons	 deficit or updating	Update :1999/11/30 00:00:00 (UT) Related data: plots  plots

Geomagnetic activity:

A disturbance of altitude control using geomagnetic field increases according to the levels.

High-energy electrons:

The chance for charging increases with the level.

High-energy protons:

The chance for single events increases with the level.

그림 4-24 NICT의 위성 작동 관련 정보

3. 서비스 현황

- 전파 전파(radio propagation)에 대한 조언
- ISES의 태양, 지구간 우주환경 현 상태 정보
- 전파 예·경보, 우주환경정보의 ARS 자동안내 서비스
- 태양, 지구환경 교란에 관한 정보 제공

제 4 절 ESA (European Space Agency)

유럽 우주청 ESA는 유럽의 우주산업을 발전시키고, 지속적인 투자가 유럽 각국에 이익을 가져다 줄 수 있도록 보장하기 위한 목적으로 연구를 수행하고 있다.

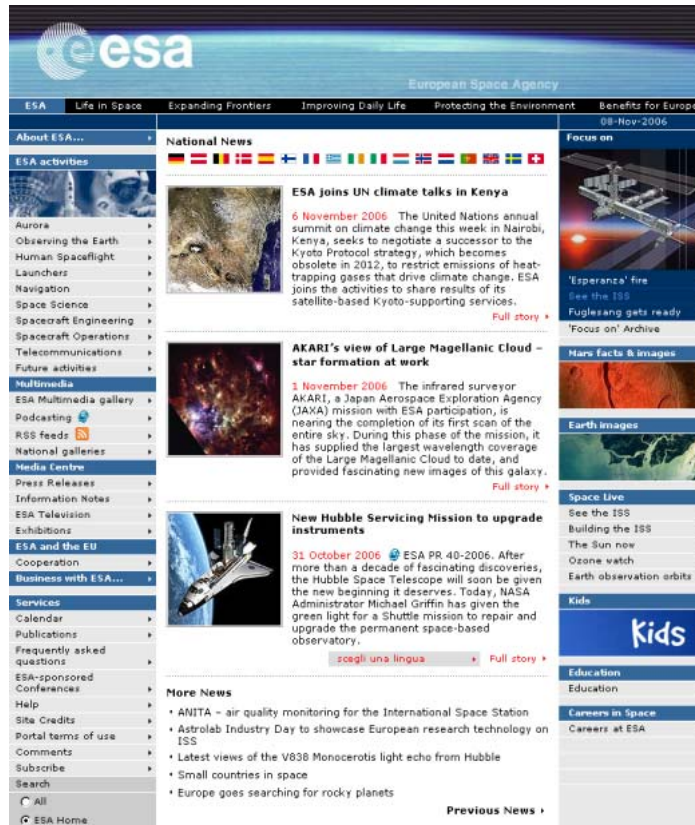


그림 4-25 ESA의 홈페이지 화면

1. 조직

가. 국가

오스트리아, 벨기에, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국의 17개국이 참여하고 있다.

나. 예산

2006년 ESA의 총 예산: € 29억 4백만

다. 인력

2005년 2월 ESA에서 일하는 총 스태프: 1907명

2. 우주 전파 환경 예보

가. 태양 & 행성 간 공간

SOHO에서 받은 이미지 (5분 간격 태양 x-선 플럭스, 고에너지 양성자 플럭스, 흑점의 개수, 최근 태양 이벤트 등)를 확인할 수 있다.

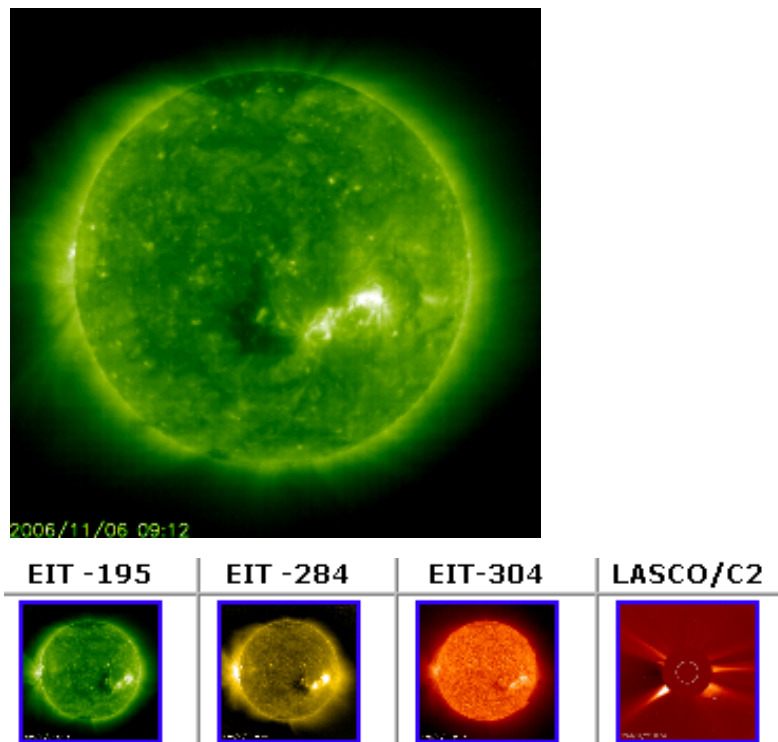


그림 4-26 SOHO의 태양 이미지

나. 자기권

- GOES위성에서 받은 데이터를 바탕으로 고에너지 입자 (2Mev 이상의 전자, 1, 10Mev 이상의 양성자) 플럭스를 제공한다.
- Ap 지자기 지수, Kp 지수의 변화를 볼 수 있다.
- 실시간 자기권계면, bow-shock 모델을 확인할 수 있다.

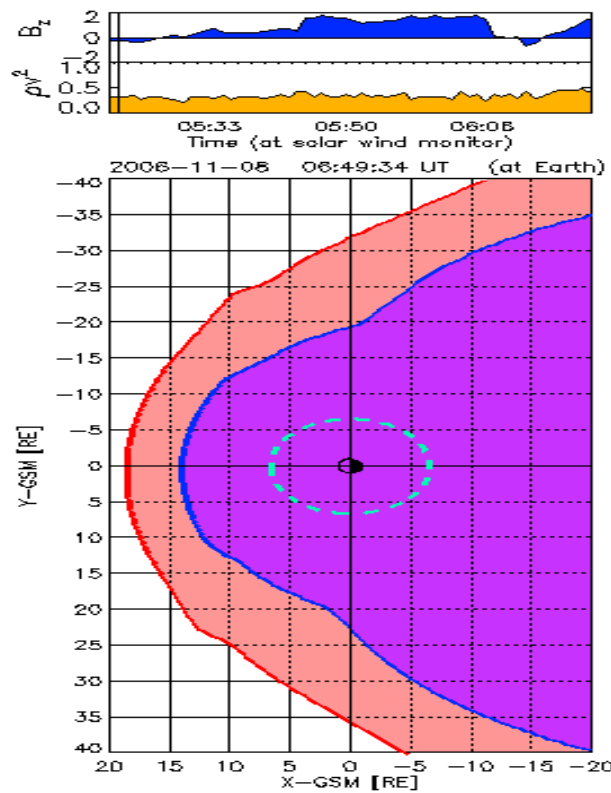


그림 4-27 지구의 북극 위에서 바라본
bow-shock 모델

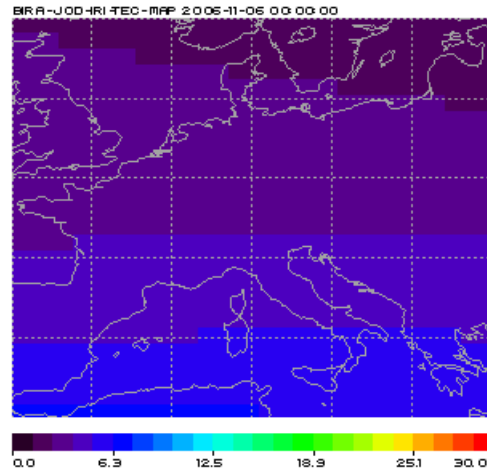


그림 4-28 ESA의 TEC 변화

다. 기타 정보 서비스

(1) 우주전파환경 관련 변수

- NOAA/SEC: 양성자와 전자 플럭스, GOES Hp, Kp 지수
- GOES x-선 플럭스
- SOHO/CELIAS/SEM: x-선 플럭스
- NOAA/POES: 오로라 현상
- ACE: 실시간 Dst 지수, 실시간 태양풍
- SOHO/ERNE: 고 에너지 양성자 플럭스
- SOHO/CELIAS/MTOF: 양성자 모니터링

(2) 예·경보 사이트

- Space weather center
태양의 주기, 활동, 태양풍 및 자기 폭풍 예보, 매일의 우주환경 예보 등을 실시하고 있다.
- Aurorawatch

영국의 York 대학에서 운영하고 있으며 오로라 정보와 지자기 폭풍 등의 활동을 관측하여 실시간으로 보여준다.

- Solar weather conditions

SOHO의 태양 이미지와 양성자, 전자, 흑점 수 등을 실시간 모니터링 하고 있다.

3. 서비스 현황

- 고위도 극지방, 오로라 지방의 전리층 예보
- 저위도 적도지방의 전리층 예보
- 중위도 전리층 예보
- 우주와 지구의 통신 관련 교란 경고
- 지자기 활동 경고
- 코로나 질량 방출(CME) 관측 정보
- X-ray 플레어 관측 정보
- GPS 정확도 정보
- 모든 조용한 정보의 시작과 끝점

4. 기타 유럽 소재 연구 기관

가. CESWI (The Central-European Space Weather Initiative)

- 11개국 19개 연구기관이 참여한 공동 연구기관 (오스트리아, 이탈리아, 체코, 헝가리, 크로아티아, 폴란드, 루마니아, 슬로바키아, 슬로베니아, 우크라이나, 유고연방)
- 우주 환경 관측기술 개발, 우주환경 모델 개발, 지구에 미치는 영향 예보 업무 수행

나. 스웨덴 (Swedish Institute of Space Physics)

- 우주 물리, 우주 기술 및 대기 물리에 대한 기본 연구, 교육, 관측 업무 수행
- 1개 본소(Kiruna), 3개 분소(Umea, Uppsala, Lund)

다. 그리스

- National Observatory of Athens (NOA), National and Kapodistrian University of Athens (NKUA) 등 7개의 관련 연구소와 대학이 활동
- 태양 활동과 영향, 전리층 연구

라. 영국 RAL (Rutherford Appleton Laboratory)

- Space Weather 모니터링 및 전리층 관련 연구

제 5 절 IPS (Ionospheric Prediction Service)

호주 산업과학부 (Department of Industry, Tourism and Resources) 소속 우주 전파청 IPS는 전리층 예측 서비스를 확대 개선하여 체계적이고 상세한 우주환경 정보를 전파 예·경보와 함께 우주 전파 예보를 통하여 제공하고 있다. IPS는 국방, 통신, 항공, 지구물리 탐사, 우주 활동, 국내외 과학 분야의 공공 및 개개의 이용자를 위한 다양한 서비스를 제공하며 태양 활동을 상시 모니터링하여 전리층과 지구 자기장의 변화를 이용자에게 예고해 준다. 이러한 우주 환경 정보는 이용자의 운영에 있어 우주 환경 교란의 영향을 최소화 하도록 도움을 준다.



그림 4-29 IPS의 홈페이지 화면

1. 현황

- 산업과학부 직속기관(연구인력 40여명)
- 단파통신에 대한 전파예보 및 체계적이고 상세한 우주환경 정보의 제공
- 지자기 외 2개의 태양관측소, 12개의 전리층 관측소 운영

2. 우주 전파 환경 보고

IPS는 우주 환경 예보 및 경보를 다음과 같이 구분하여 제공한다.

- 태양
- 지구주위의 상태
- HF 전파
- 전리층 상태
- TEC 상태

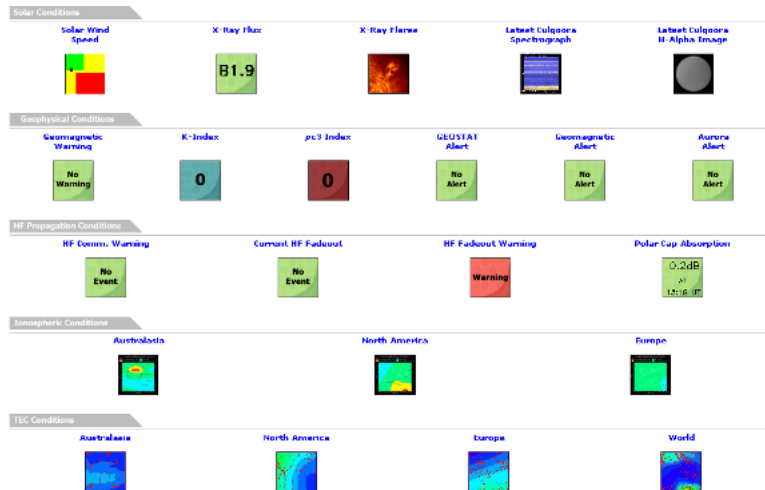


그림 4-30 IPS에서 제공하는 우주 환경 화면

가. 위성관련

(1) 전자 플럭스 예보

전자의 플럭스가 영향을 미치는 정도에 따라 Normal, moderate, high, very high 의 네 단계로 나누어서 예보를 하고 있다.

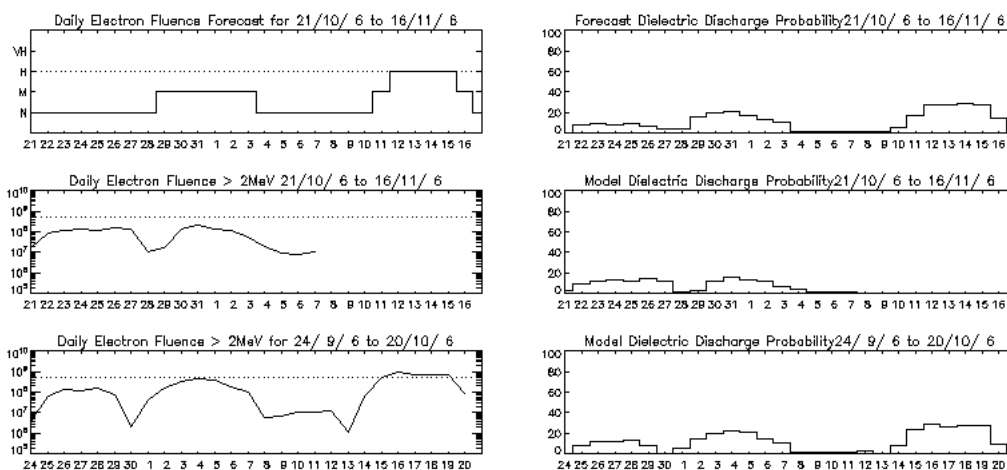


그림 4-31 IPS에서 실시하는 전자 플럭스 예보

(2) TEC (Total Electron Content) 지도

호주, 북미, 유럽, 일본, 세계의 다섯 개 지역으로 나누어 TEC 지도를 제공한다.

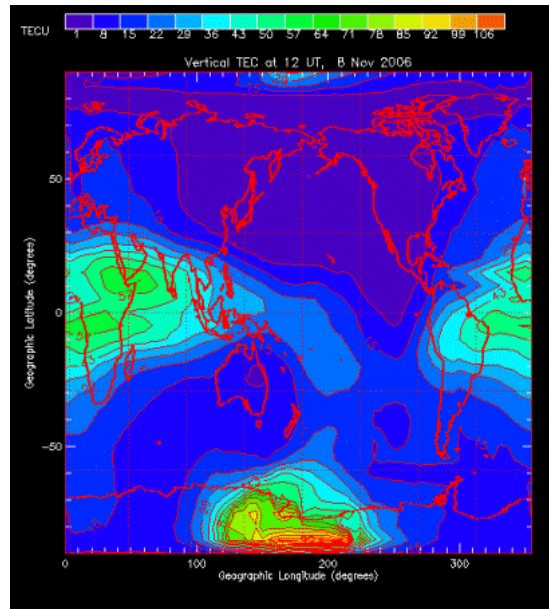


그림 4-32 세계의 TEC지도

(3) 예측 도구

지구 정지 궤도상에 있는 위성은 원거리 통신과 방송에 이용된다. IPS에서는 위성의 이름과 경도, 관찰자의 위도와 경도와 같은 정보를 입력하면, 위성의 상대적인 위치를 알 수 있는 프로그램을 실행하고 있다.

나. 지구 물리학 (Geophysical)

(1) 최근 상태

- 자기력 기록 (Magnetogram): 8개 지점의 자력계에서 측정한 지구의 자기장 정보를 제공한다.

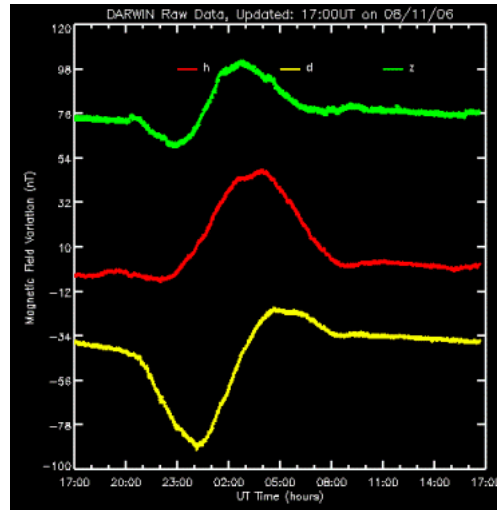


그림 4-33 Darwin 관측소에서 기록한 자기력

- 우주 선 (Cosmic 선): 중성자 모니터 (neutron monitor)라고 불리는 장치로 관측한 우주선의 개수를 제공한다. IPS에서는 남극의 Mawson에서 5분 간격으로 관측한 데이터를 사용하는데, 이 관측소는 지자기 차단(cutoff) 에너지의 영향이 거의 없기 때문에 자세한 결과를 얻을 수 있다.
- 지수 : K, A, 지구 자기의 맥동 지수 plot을 볼 수 있다.

ARR/IPS Mawson Cosmic Ray Data 2006/282 1600 to 2008/312 1500 UT

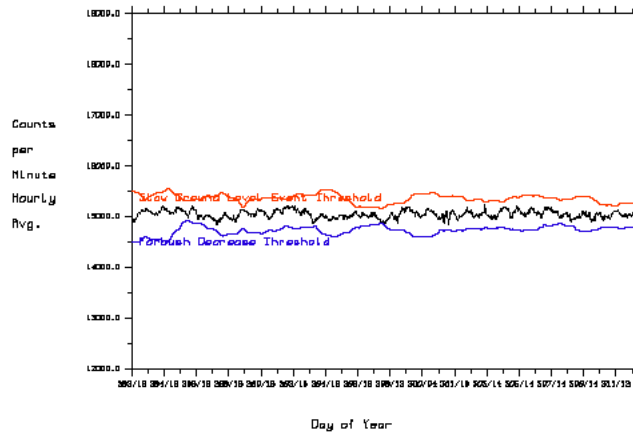


그림 4-34 Mawson 관측소에서 관측한 우주선

- 지도 (Map): K 지수와 pc3 맥동 지수의 예측 값을 제공 하고, 호주 지도에서 확인 가능하다.

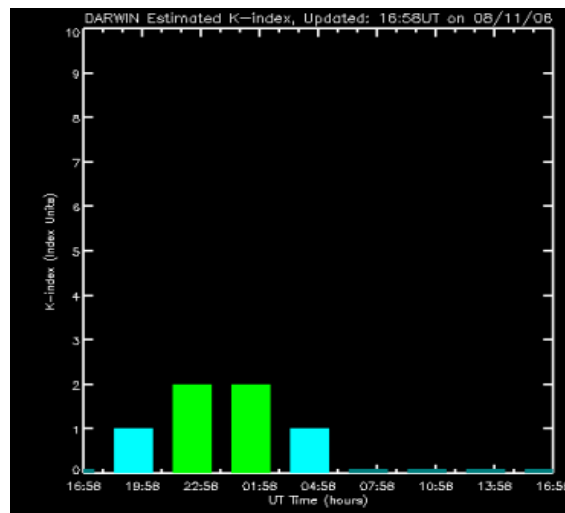


그림 4-35 Darwin 관측소에서 예측한 K 지수

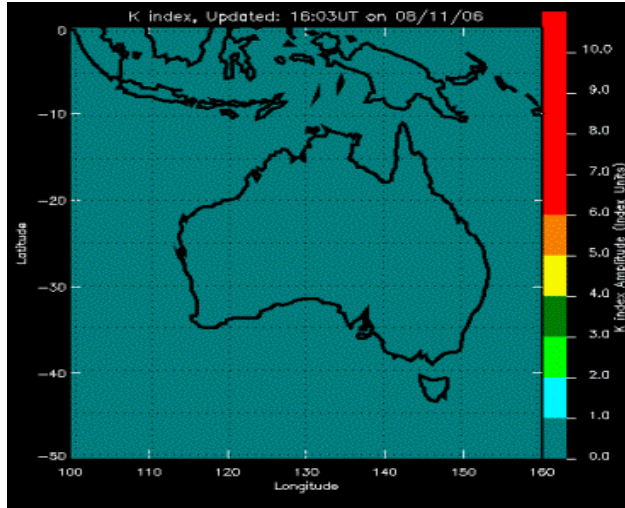


그림 4-36 호주 전체에 예상되는 K-지수 지도

(2) 경보 및 경고

- 지자기 경고 (Geomagnetic Warning)

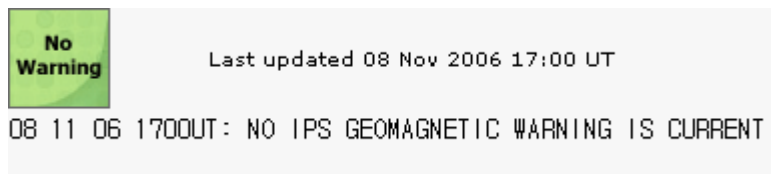


그림 4-37 IPS의 지자기 경고

- 지자기 경보 (Geomagnetic Alert)

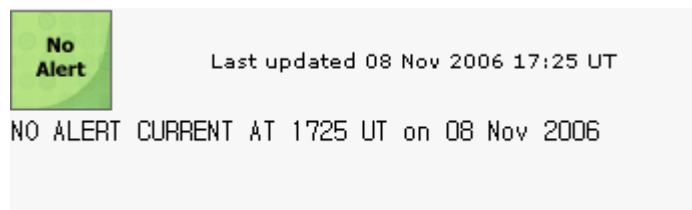


그림 4-38 IPS의 지자기 경보

- GEOSTAT 정보

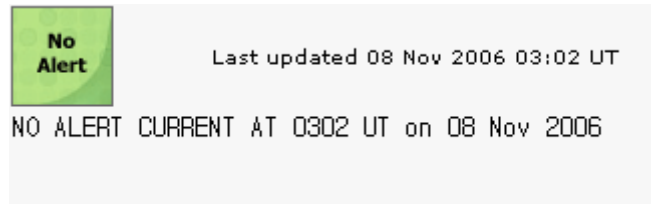


그림 4-39 IPS의 GEOSTAT 정보

- 오로라 정보 (Aurora Alert)



그림 4-40 IPS의 오로라 정보

(3) 요약 및 예보

- 일간 보고서: 호주 지역의 지구 자기장 상태와 각 관측소에서 예측한 A, K 지수와 pc3 지수 관측 값을 정리하여 제공한다.
- 주간 보고서: 일주일간의 K, A 지수를 제공하고, 다음 일주일의 예보를 한다.

(4) 지난 데이터

과거의 자기력 기록, 지수, 데이터 파일을 제공 한다.

Last updated 02 Nov 2006 03:30 UT

SUBJ: IPS WEEKLY GEOPHYSICAL REPORT
ISSUED ON 02 NOVEMBER 2006, BY IPS RADIO AND SPACE SERVICES,
FROM THE AUSTRALIAN SPACE FORECAST CENTRE

1. SUMMARY (24 OCTOBER - 01 NOVEMBER)

K indices are in UT (0-24). For conversion to local time:

AEST = UT + 10 hours; ACST = UT + 9.5 hours; AWST = UT + 8 hours

Australian Region*			
Date	K-INDICES		A
24 Oct	1121	2122	5
25 Oct	2221	1111	4
26 Oct	2122	2111	5
27 Oct	2111	2123	6
28 Oct	2223	3323	11
29 Oct	3232	3233	12
30 Oct	3223	2211	8
31 Oct	1111	2112	4
01 Nov	2211	3212	6

*estimated from real time data

Quiet to unsettled conditions.

2. FORECAST (02 NOVEMBER - 02 DECEMBER)

Disturbed Periods:

active on 9 Nov, active on 17 Nov, active on 24 Nov.

Best Quiet Periods:

2 Nov to 8 Nov, 13 Nov to 15 Nov, 19 Nov to 23 Nov, 27 Nov to 28 Nov.

3. FORECAST FOR HIGH RESOLUTION AEROMAGNETIC SURVEYS

Northern Australian Regions:

Disturbed Periods: None.

Best Quiet Periods: 2 Nov to 28 Nov.

Central Australian Regions:

Disturbed Periods: None.

Best Quiet Periods: 5 Nov to 7 Nov, 11 Nov to 14 Nov, 19 Nov to 22 Nov,
26 Nov to 28 Nov.

Southern Australian Regions:

Disturbed Periods: None.

Best Quiet Periods: 5 Nov to 7 Nov, 11 Nov to 14 Nov, 19 Nov to 22 Nov,
26 Nov to 28 Nov.

Pc3 pulsations are high frequency (10-45 second period) variations of the Earth's magnetic field. Daily pc3-indices are the daily sum of 20 minute pc3-indices for that station and have been shown to be well correlated with rejection of high resolution aeromagnetic survey flight-line data.

그림 4-41 IPS의 주간 보고서와 예보

다. 태양

(1) 태양 상태

- 태양 지역 데이터: 태양 플레어의 세기와 위치 등을 보여준다.
- 태양 활동 plot
- 낮-밤의 위치

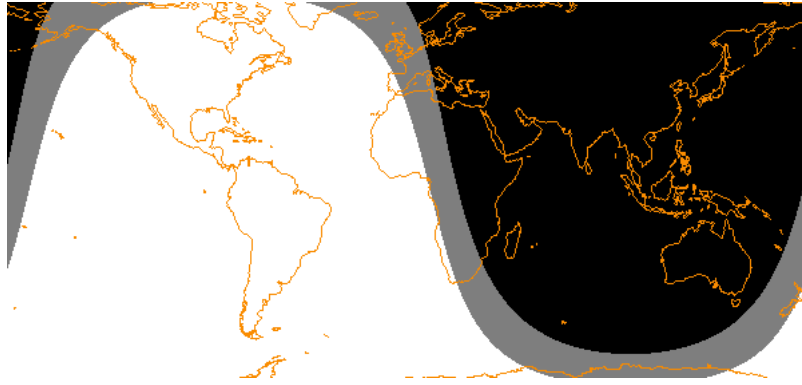


그림 4-42 실시간 낮과 밤의 위치

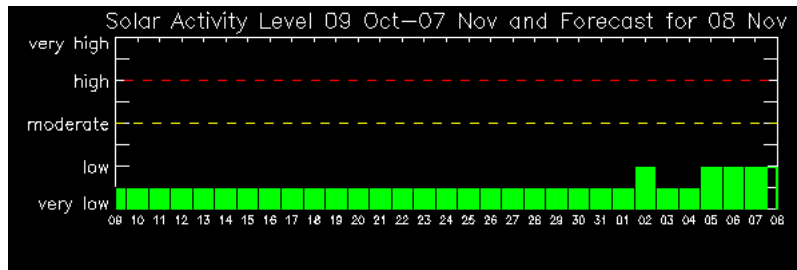


그림 4-43 태양 활동 plot

- 태양풍: 태양풍의 속도와 자기장, 밀도를 정보를 제공 한다.

Last updated 08 Nov 2006 17:47 UT

Solar Wind Parameters Used:
 Date: 07 11 2006 1950 UT
 Velocity: 309 km/sec
 Bz: 2.0 nT
 Density = 2.0 p/cc

Calculated Information from Solar wind parameters:
 Magnetopause Stand Off Distance = 15.1Re
 Solar Wind Dynamic Pressure Dp = 0.16nPa

그림 4-44 태양풍 성분 데이터

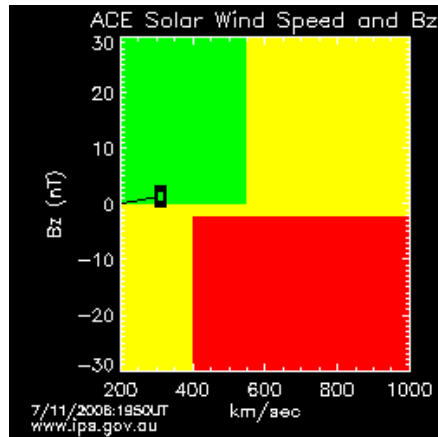


그림 4-45 태양풍 성분 plot

- 월간 흑점 수: 1995년 1월부터 월간 흑점 수를 모두 기록.
- X-선 플릭스 (5분 간격 업데이트)

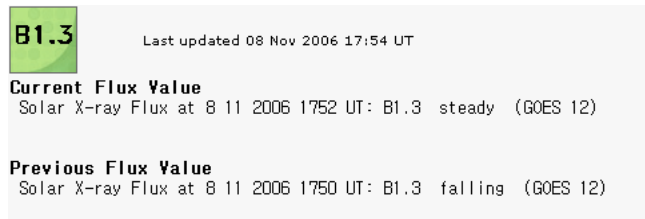


그림 4-46 IPS의 x-선 플릭스

- x-선 플레어: 최근 발생한 플레어에 대한 자세한 정보를 제공한다.

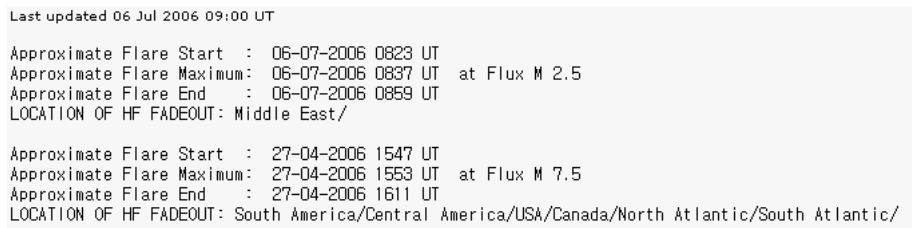


그림 4-47 x-선 플레어 정보

- 요약과 예보: 태양의 상태를 요약하고 3일간의 태양 활동과 페이드아웃, 10.7cm 전파, 흑점 수 등을 예측한다.

(2) Culgoora 천문대/ Learmonth 천문대

호주에 위치한 태양 관측 천문대로 Culgoora 천문대의 경우 태양 실시간 분광, H-Alpha 이미지, 타입 II 이벤트, 태양 플레어 예보 등을 실시하고 있으며 관측한 데이터와 결과는 공개한다.

라. HF 시스템

(1) 매 시간 지역 예보 (HAP: Hourly Area Predictions)

지역을 선택하여 매 시간 예측되는 전파 지도를 확인 할 수 있다. 호주 지역 및 아시아, 유럽, 북미, 북대서양, 전 세계에서 HAP를 제공한다.

Solar Summary

Last updated 07 Nov 2006 23:51 UT

Activity 07 Nov: Low

Flares: none.

Observed 10.7 cm flux/Equivalent Sunspot Number for 07 Nov: 85/27

Solar Forecast

Last updated 07 Nov 2006 23:51 UT

	08 Nov	09 Nov	10 Nov
Activity	Low	Low	Low
Fadeouts	None expected	None expected	None expected
10.7cm/SSN	90/34	90/34	90/34

COMMENT: An active region on the east limb was the source of three C-class flares observed during 7 November. Further C-class and possible M-class flare activity is expected from this region as it rotates onto the visible disk. Further review of the LASCO imagery has identified that the larger of the two C-class flares observed on 6 November originated from the active region on the east limb. LASCO imagery analysis also suggests there is a small chance of the flank of the CME associated with the flare observed at 1742UT on 6 November having an glancing impact on the earth. A small coronal hole towards the center of the disk will be rotating into a geoeffective position over the next few days, with mildly elevated solar wind speeds expected. Solar wind speeds have been below 340 km/s during the past 24 hours.

그림 4-48 IPS의 태양 활동 요약과 예보

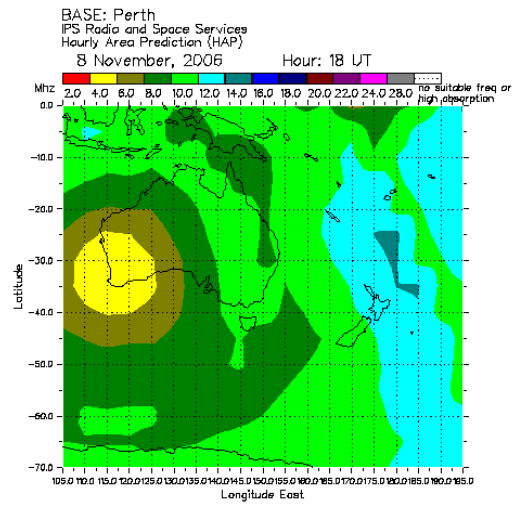


그림 4-49 Perth 에서의 HAP 지도

(2) 전리층 지도

foF2, HF 지도를 제공한다. 호주지역 및 아시아, 유럽, 북미, 북대서양, 글로벌 지도를 제공한다.

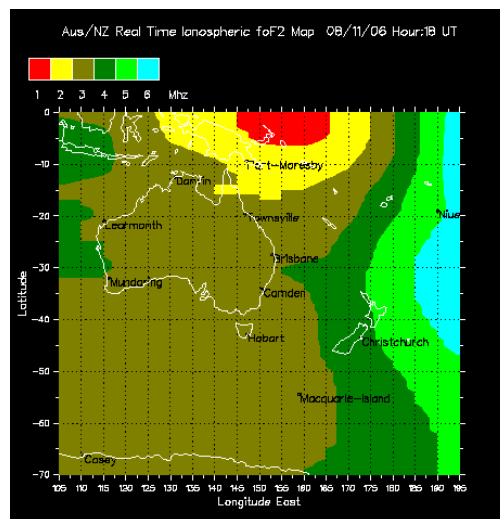


그림 4-50 호주 지역의 실시간 전리층 foF2 지도

(3) T 지수

호주 전역과 아시아, 유럽 등 전 세계의 T 지수 지도와 데이터를 제공한다.

(4) HF 상태

현재 foF2 plot, HF 통신 경고, 전리층 요약과 예보, 최대 사용 가능 주파수 (MUF: Maximum Usable Frequency)를 보여준다.

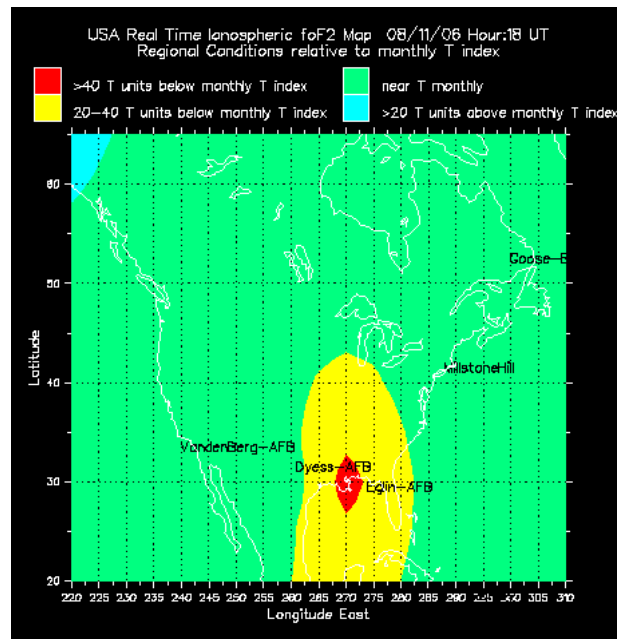


그림 4-51 북미 지역의 T 지수

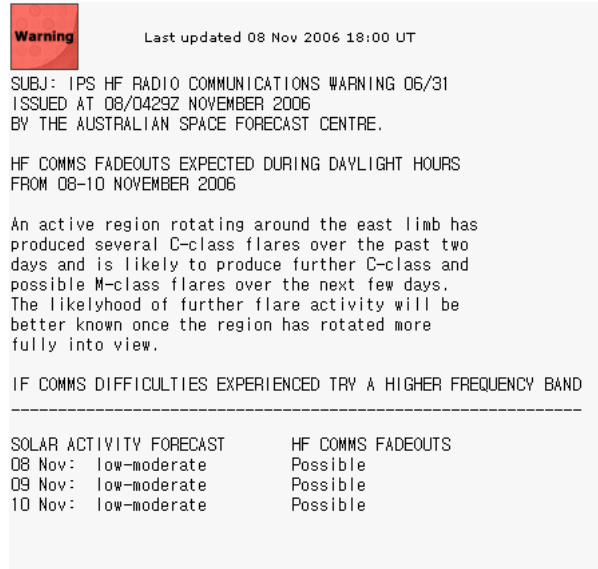


그림 4-52 HF 전파 경고

2. 서비스 현황

가. 메일 서비스

(1) 경보

- 오로라 이벤트
- 자기 경보
- 갑작스러운 지자기 충격 관측
- 플레어
- 태양풍 플레어
- 양성자
- Culgoora에서 관측된 전파 소사 이벤트
- 지자기 폭풍
- 태양풍 충격파
- 태양풍 지자기 활동 예고

(2) 경고

- 지구 물리 경고
- HF 경고

(3) 일간 보고서

- 일간 HF 전파 보고
- 태양, 지구 보고
- 유럽 HF 전파
- 조용한 태양 전파 플럭스

(4) 주간 보고서

- 지구물리 보고
- HF 전파 보고
- 태양, 지구 보고

(5) 월간 보고서

- 태양 지수의 관측 값, 예상 값
- 관측, 예상 T 지수
- 월간 태양, 지구 보고
- 지난달 태양, 지구 보고

나. SMS 서비스 (AUD \$40/년)

예시 4-4. IPS의 SMS 서비스

-Short-wave fadeout						
AUSTRALIAN	REGION	HF	FADEOUT	ALERT:	Minor	fadeout
09-11-2000						

Start 0309 max 0314 end 0329 UT
IPS Radio & Space Services
Details www.ips.gov.au ph 02-92138010

-Auroral alert
AURORA ALERT: 1318 UT on 10 Nov 2000
Aurora may be observed at high latitudes.
IPS Radio & Space Services
Details www.ips.gov.au ph 02 92138010

-Geomagnetic alerts
GEOMAGNETIC ALERT: 1516 UT on 10 Nov 2000
Minor geomagnetic storm in progress
IPS Radio & Space Services
Details www.ips.gov.au ph 02 92138010

-GEOSTAT system
IPS GEOSTAT ALERT 2: STATUS 5
MAJOR GEOMAGNETIC STORM POSSIBLE WITHIN 3-4 DAYS.
IPS RADIO AND SPACE SERVICES
DETAILS www.ips.gov.au 02 92138010

제 6 절 ISES(The International Space Environment Service)

우주 환경 예보 서비스를 총괄하기 위한 국제 업무 기구로서는 국제 우주 환경 서비스 (ISES)가 있다. ISES는 국제 Ursigram 및 세계 일 서비스 (The International Ursigram & World Days Service: IUWDS)가 우주 환경 업무의 효율적인 운영을 위해 1996년에 변경되었

다. ISES(The International Space Environment Service)는 국제 천문 연합 (The International Astronomical Union: IAU)와 국제 측지학 및 지구물리 연합 (The International Union of Geodesy and Geophysics: IUGG) 그리고 국제 전파과학 연합 (The International Union of Radio Science: URSI)이 공동으로 운영하는 기관이며 영구적인 천문 및 지구 물리 자료 서비스 기구 (Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Services: FAGS)이기도 하다. ISES의 임무는 우주 환경 연구와 이들의 급격한 변화로 인해 야기되는 재해를 예측하고 피해의 최소화를 목적으로 하며 태양-지구간의 상태를 예측하는 전 세계의 모든 기관 사이에 자료교환을 주선하고 있다. ISES는 현재 전 세계에 11개의 센터를 가지고 있다. 센터들은 중국, 미국, 러시아, 인도, 캐나다, 체코, 일본, 호주, 스웨덴, 벨기에, 폴란드에 위치해있다.



그림 4-53 ISES 홈페이지 화면

1. 조직

가. 협력

ISES는 연구를 통한 임무를 수행하기 위해 각 나라의 국제기구와 협력하고 있다. ISES는 ICSU기구, STP World Data center(WDC)와 우주환경예보를 연구하고 있다. 초기 실시간 데이터는 ISES에 의해 관리된다.

나. ISES의 회원

표 4-1 ISES의 멤버

Title	Host institution	Location	Delegate
ISES Director	Natural Resources Canada	Ottawa	D. Boteler
Deputy Director	Lund Space Weather Center	Lund	H. Lundstedt
Secretary for World Days	National Geophysical Data Center	Boulder	H. Coffey
Secretary Space Weather	Space Environment Center	Boulder	J. Kunches
RWC Australia	IPS Radio and Space Services	Sydney	G. Patterson
RWC Belgium	Royal Observatory of Belgium	Brussels	R. Van der Linden
RWC Canada	Natural Resources Canada	Ottawa	H. Lam
RWC China	Beijing Astronomical Observatory	Beijing	H. Wang
RWC Czech Republic	Institute of Atmospheric Physics	Prague	D. Buresova
RWC India	National Physical Laboratory	New Delhi	R.S. Dabas
RWC Japan	National Institute of Information and Communications Technology	Tokyo	S. Watari
RWC Poland	Space Research Centre	Warsaw	I. Stanislawska
RWC Russia	Hydrometeorological Service	Moscow	V.A. Burov
WWA USA	Space Environment Center	Boulder	J. Kunches
RWC Sweden	Lund Space Weather Center	Lund	H. Lundstedt
European Space Agency	European Space Agency	Noordwijk	A. Hilgers
AWC France	Collecte Localisation Satellites	Toulouse	J.-I. Valette
FAGS representative	University of Alabama	Huntsville	E.A. Tandberg-Hanssen
IAU representative	National Geophysical Data Center	Boulder	H. Coffey
IUGG representative	National Geophysical Data Center	Boulder	H. Coffey
URSI representative	Finnish Meteorological Institute	Helsinki	R. Pirjola
URSI representative	IPS Radio and Space Services	Sydney	P. Wilkinson
URSI representative	UNAM	Mexico	S. Pulnits

2. 수행업무

- 가. International Ursigram Service는 우주환경의 정보와 예보를 제공한다.
- 나. ISES는 매년 International Geophysical Calendar(IGC)를 준비한다. 이 달력은 과학자들의 실험에 도움이 되는 'World Days'의 리스트를 제공한다.
- 다. 지구 주위를 돌고 있는 위성과 행성주위를 돌고 있는 위성에 대한 정보를 우주 환경 게시판에 매달 기재한다.

	S	M	T	W	T	F	S		S	M	T	W	T	F	S	
JANUARY	1	2	3	4	5	6	7									JULY
	8	9	10	11	12	13	14 ^F		2	3	4	5	6	7	8	
	15	16	17	18	19	20	21		9	10	11 ^F	12	13	14	15	
	22	23	24	25 [*]	26 [*]	27	28		16	17	18	19	20	21	22	
	29 ^N	30	31	1	2	3	4		23	24	25 ^N	26 [*]	27	28	29	
FEBRUARY	5	6	7	8	9	10	11		30	31	1	2	3	4	5	AUGUST
	12	13 ^F	14	15	16	17	18		6	7	8	9 ^F	10	11	12	
	19	20	21	22 [*]	23 [*]	24	25		13	14	15	16	17	18	19	
	26	27	28 ^N	1	2	3	4		20	21	22 [*]	23 ^N	24	25	26	
MARCH	5	6 ⁺	7 ⁺	8 ⁺	9 ⁺	10 ⁺	11 ⁺		27	28	29	30	31	1	2	SEPTEMBER
	12 ⁺	13 ⁺	14 ^F	15 ⁺	16 ⁺	17 ⁺	18 ⁺		3	4	5	6	7 ^F	8	9	
	19 ⁺	20 ⁺	21 ⁺	22 ⁺	23 ⁺	24 ⁺	25 ⁺		10	11	12	13	14	15	16	
	26 ⁺	27 ⁺	28 ⁺	29 ⁺	30 ⁺	31 ⁺	1 ⁺		17	18	19	20 ⁺	21 ⁺	22 ⁺	23 ⁺	
APRIL	2 ⁺	3 ⁺	4 ⁺	5 ⁺	6 ⁺	7	8		24	25	26	27	28	29	30	OCTOBER
	9	10	11	12	13 ^F	14	15		1	2	3	4	5	6	7 ^F	
	16	17	18	19	20	21	22		8	9	10	11	12	13	14	
	23	24	25	26 [*]	27 ^N	28	29		15	16	17	18 [*]	19 [*]	20	21	
	30	1	2	3	4	5	6		22 ^N	23	24	25	26	27	28	
MAY	7	8	9	10	11	12	13 ^F		29	30	31	1	2	3	4	NOVEMBER
	14	15	16	17	18	19	20		5 ^F	6	7	8	9	10	11	
	21	22	23	24 [*]	25 [*]	26	27 ^N		12	13	14	15 [*]	16 [*]	17	18	
	28	29	30	31	1	2	3		19	20 ^N	21	22	23	24	25	
JUNE	4	5	6	7	8	9	10		26	27	28	29	30	1	2	DECEMBER
	11 ^F	12	13	14	15	16	17		3	4	5 ^F	6	7	8	9	
	18	19	20	21 [*]	22 [*]	23	24		10	11	12	13	14	15	16	
	25 ^N	26 ⁺	27 ⁺	28 ⁺	29 ⁺	30 ⁺			17	18	19	20 ^N	21 [*]	22	23	
	S	M	T	W	T	F	S		24	25	26	27	28	29	30	2007
									31	1	2	3 ^F	4	5	6	JANUARY
									7	8	9	10	11	12	13	
									14	15	16	17 [*]	18 [*]	19 ^N	20	
									21	22	23	24	25	26	27	

⑰ Regular World Day (RWD)

16 Priority Regular World Day (PRWD)

그림 4-54 International Geophysical Calendar 2006

3. 각 임원의 수행업무

가. 소장의 수행업무

- ISES의 주요 임무 수행
- 비즈니스 미팅 구성 및 개최
- FAGS, ISES와 연결된 연구기관과 협조
- 새로운 회원 선출과정 관장.
- 국제 미팅
- 일반인들에게 ISES를 소개

나. 부소장의 수행업무

- 필요한 경우 소장의 임무를 수행
- ISES활동 관리 및 매년 ISES 보고서 작성
- 새로운 회원 선출을 위한 스케줄 조정

다. 사무관의 World Day 수행업무

- World Days Calendar 제작, 배포

라. 사무관의 Space Weather 수행업무

- 센터 사이의 데이터 교환 담당
- ISES code-book 관리

제 5 장 국내 우주 전파 환경 예·경보 체계

제 1 절 개요

우주 환경 예보 (Space Weather prediction; Space Environment Forecast)란 지구 주변 우주 공간의 물리적 변화와 현재 상태를 실시간으로 감시하고 미리 예측하는 기능을 가지는 우주 과학의 한 분야로 정의할 수 있다. 이 분야를 주도하고 있는 미국은 우주 환경이 위성 및 지상의 정밀 기기에 미치는 부정적인 영향으로 인한 경제적 손실을 줄이기 위하여 1970년대부터 국가 차원에서 우주 환경 예보 자료를 공급해 오고 있으며, 근래에 와서는 각 경제 분야에서의 전문적인 수요 증가로 인하여 특화된 우주환경예보 서비스를 제공하는 민간업체들 (Space Weather Vendors)이 활발하게 생겨나고 있다. 또한 EU, 일본, 호주 등에서도 우주 환경 예보의 경제적인 가치를 인식하여 자국의 기간산업 보호를 위한 우주환경예보 서비스를 개발하기 시작하는 단계이다.

우리나라의 경우 관련 국가 연구 기관들(천문 연구원, 전파 연구소 등)이 우주 환경 예보의 기초적인 자료 수집을 시작하고 있는 초기 단계이다. 그러나 우리나라는 인공위성 보유국으로서 2015년까지 5조원대의 국가 우주 개발 사업을 수행 중에 있고, 더불어 2005년 완공을 목표로 인공위성 발사를 위한 우주센터를 건립하는 등 우주 진출을 활발하게 추진하고 있기 때문에, 우주 환경 예보 서비스가 반드시 요구된다.

제 2 절 국내 연구소 현황

1. 한국 항공 우주 연구원

한국 항공 우주 연구원은 우주 개발 사업 및 우주센터 건설, 우주인 양성사업, 무인 비행선 사업 등을 수행 중에 있으며 각각의 내용은 다음과 같다.

가. 우주개발 프로그램

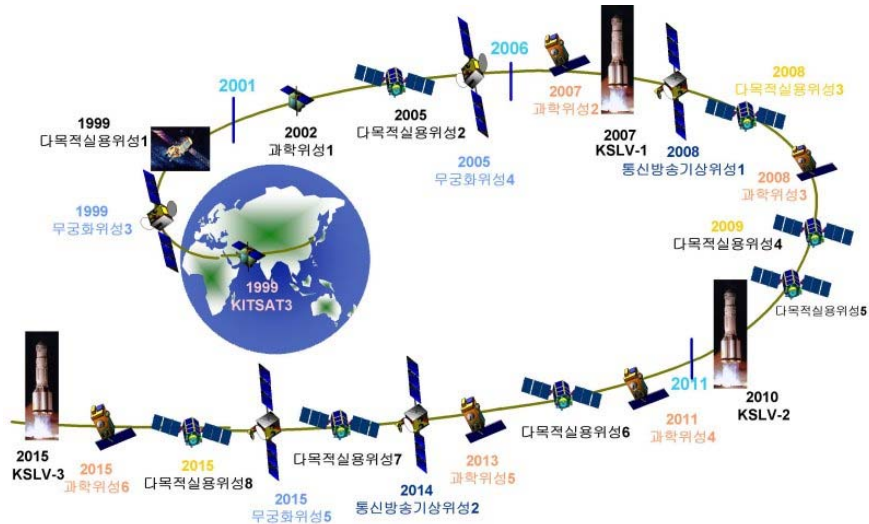


그림 5-1 한국 항공 연구원의 우주개발 프로그램

나. 우주센터 개발사업

국가 우주개발 중장기 기본계획을 기반으로 한 우주센터에는 위성 발사대를 비롯하여 발사통제시설, 추적레이더 및 발사체, 위성 조립/시험시설 등과 발사체 엔진 개발에 필수적인 연소시험장을 확보하여 국내 우주기술 개발을 위한 인프라를 구축할 계획이며 2단계 사업으로 1톤급 다목적 실용위성을 발사할 수 있는 발사대 및 위성시험시설 등을 추가할 계획이다.

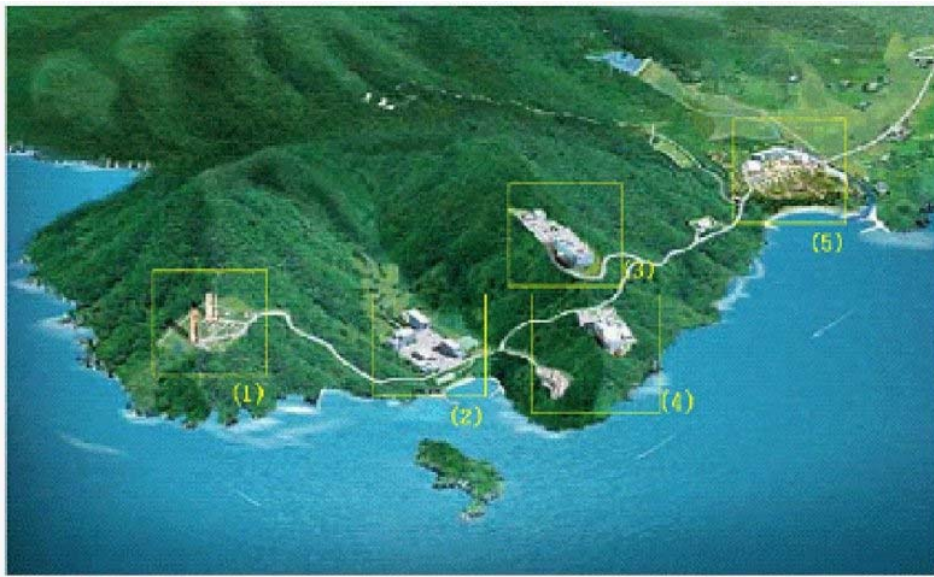
(1) KSLV(Korea Space Launch Vehicle)-I

- 100 Kg의 과학위성 2호를 2007년 발사
- 개발기간: 2002년 ~ 2007년

- 개발예산: 5,098 억원
- 사양: 직경 2.9m, 길이 33m, 무게 140톤

(2) 우주센터

- 선정발표: 2001년 1월 30일
- 위치: 전라남도 고흥군 외나로도
- 면적: 150만평
- 예산: 2,650 억원



(1) 발사대, (2) 조립동, (3) 발사 통제동, (4) 전망대 및 숙소, (5) 우주체험관

그림 5-2 외나로도 우주센터

다. 우주인 양성사업

- 한-러 공동 국가간 우주산업
- 과학기술부와 민간 콘소시엄(TV 방송사와 산업체) 공동으로 추진
- 최종 2 ~ 3명의 우주인 후보 선발

- 훈련: 러시아 가가린 우주센터에서 기초훈련과 고등훈련
- 최종선발: 2007년
- 임무: 러시아 소유즈 우주선을 이용하여 국제 우주정거장 러시아 모듈에 탑승, 국내 개발된 소규모 실험 장비와 러시아 모듈의 기존 실험 장비를 활용한 우주실험 수행

라. 성층권 장기체공 무인비행선 사업

- 개발기간: 2003년 9월 ~ 2007년 8월 (4년)
- 개발비: 401.4 억 원 규모 (정부 301.4 억, 민간 100억)

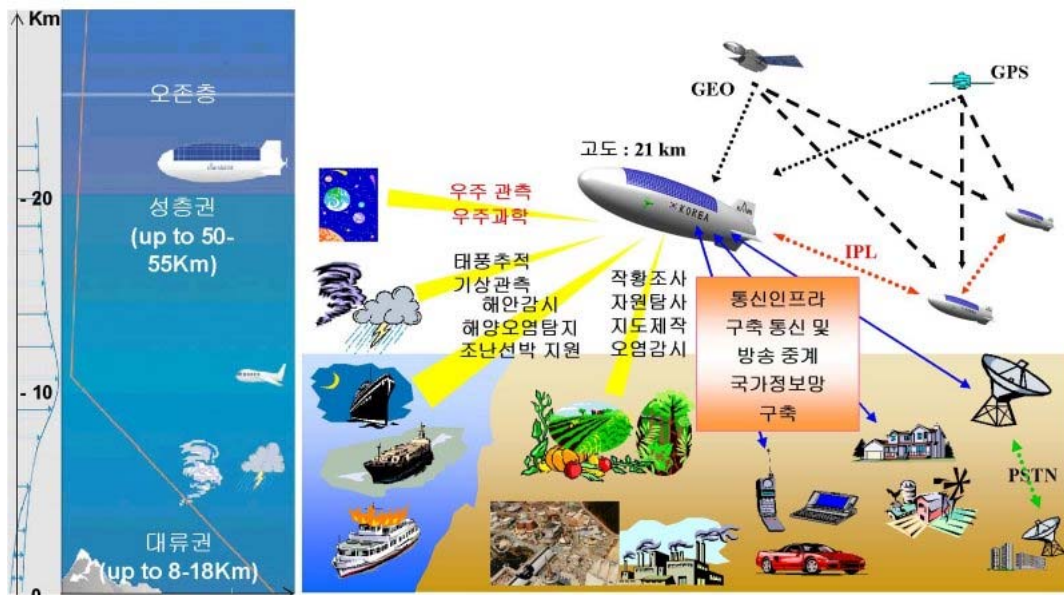


그림 5-3 한국 항공 우주 연구원의 무인 비행선 사업의 효과

2. 한국 천문 연구원

한국 천문 연구원은 태양활동 연구 및 태양 활동과 지자기 변화의 관련성 연구, 지구 근접 우주환경 변화 연구를 수행하고 있다.

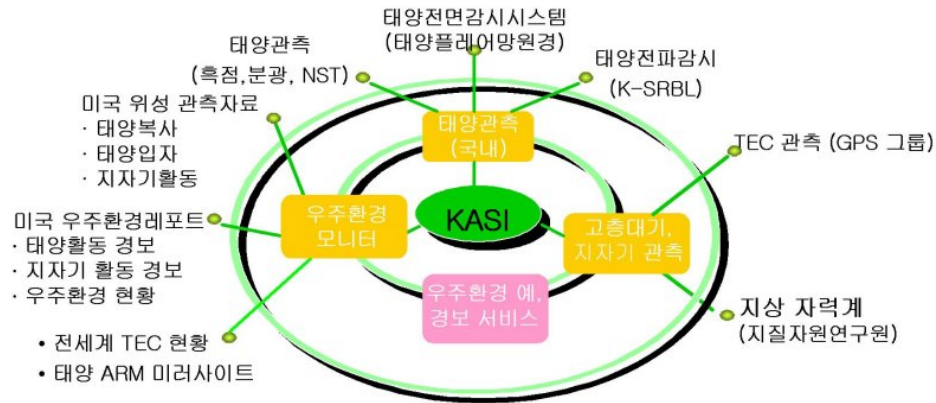


그림 5-4 한국 천문 연구원의 연구 업무

가. 태양활동 원인 연구

- 자기 나선도와 태양활동 관련성 연구
- CME - flare - Type II 관련성 연구
- X-선 플라즈마 분출 연구
- 필라멘트-CME 운동학적 특성 연구

나. 태양활동과 지자기 변화의 관련성 연구

- CME 물리적 인자와 Dst 관련성 연구
- CME 지구전달 예보 분석 연구
- CME 방향과 Dst 관련성 연구

다. 보유 장비

(1) 태양 플레어 관측 망원경 (Solar Flare Telescope)

- 고도 1124m 보현산 천문대에 설치
- 서로 다른 파장을 관측
- 광구, 채층, 벡터 자기장, 코로나, 홍염 등을 관측



그림 5-5 보현산 태양 플레어 관측 망원경

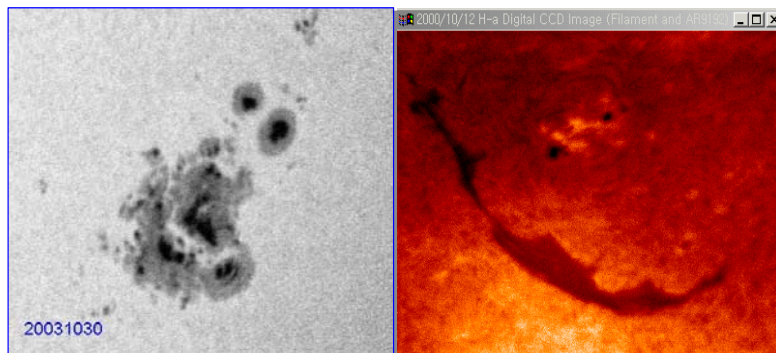


그림 5-6 태양 플레어 망원경으로 관측한 태양의 이미지

(2) 태양 분광 망원경 (KASI Solar Imaging Spectrograph)

- 2002년부터 관측

- 대전 한국 천문 연구원에 설치
- 태양의 가시광선 영역의 분광선, 3차원 영상 스펙트럼 등을 관측



그림 5-7 한국 천문 연구원의 태양 분광 망원경

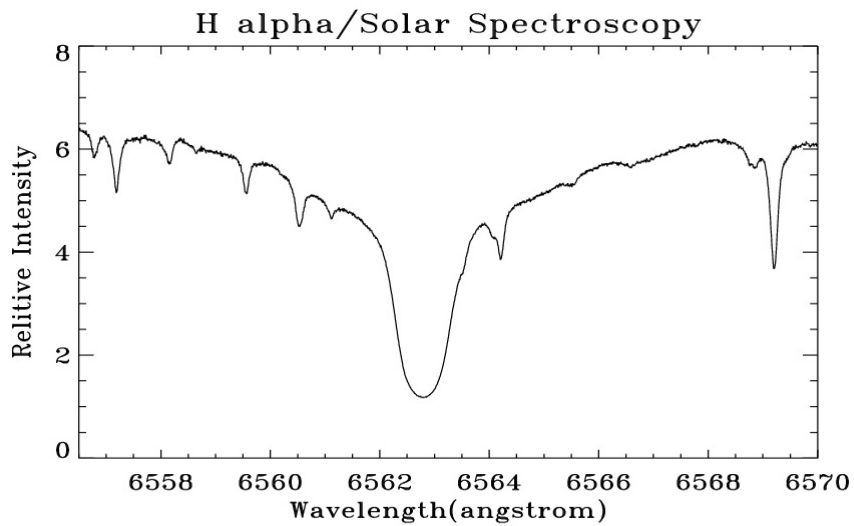


그림 5-8 태양 분광 망원경으로 관측한 분광선

이 밖에 2007년 캘리포니아 빅베어 관측소에 1.6m 태양 망원경, 2008년 Solar Radio Burst Locator 설치 예정 중에 있어 보다 해상도가

높은 이미지를 얻을 수 있고, 태양활동의 마이크로파 스펙트럼 관측, 태양 폭발의 위치 검출 등의 연구를 수행 할 수 있게 된다.

라. 지구근접 우주환경 변화 연구

- 위성체 끌림 현상 연구
- 지구근접 ULF 파동 연구
- 태양풍과 지상 자력계 변화의 상관성 연구
- 우주 환경 예·경보

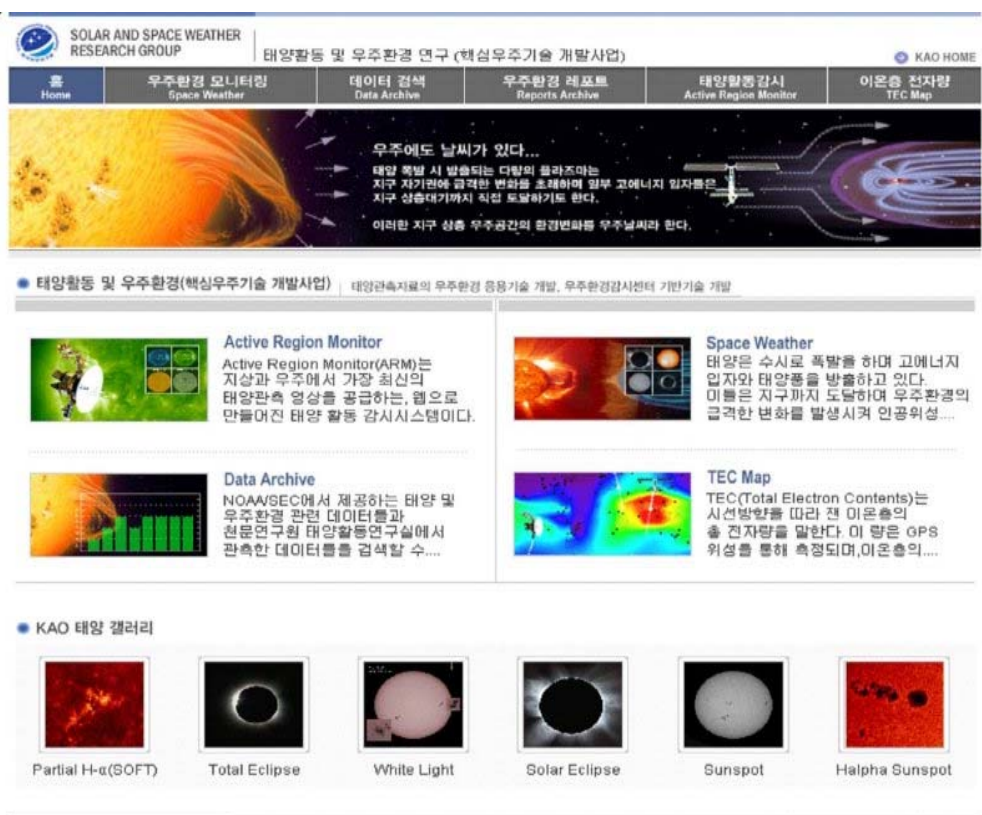


그림 5-9 한국 천문 연구원의 우주 환경 예보 화면

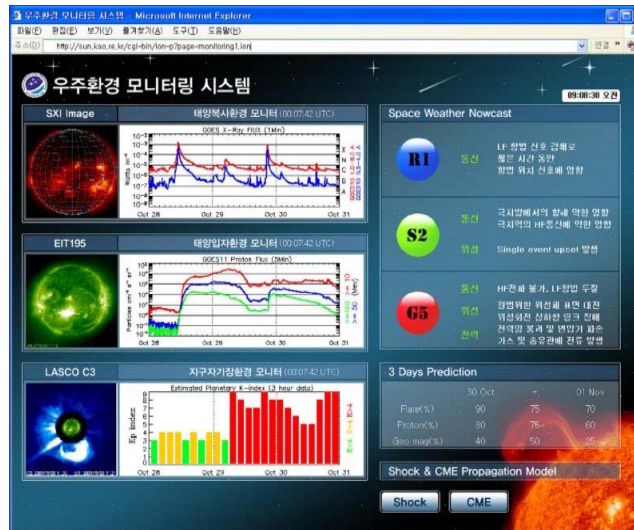


그림 5-10 한국 천문 연구원의 우주환경
모니터링 화면

3. 한국 해양연구원 부설 극지연구소

가. 연구 업무

(1) 지자기 관측(상시 관측 수행 중)



그림 5-11 극지 연구소의 지자기 센서
및 관측실

(2) 고층대기 및 전리층에 대한 연구

- 남북극 기지 및 스웨덴에 장비설치 및 운영
- 중간권 온도 관측
- 오로라 촬영

나. 남극 대륙에 제 2의 과학기지 설립 예정

- 남위 70 ~ 80도 부근의 고위도이며 주변 관측시설이 많지 않아 전리층에 대한 새로운 연구 가능
- 고층대기 분야의 새로운 관측기기 설치예정
- 관련 연구기관과의 공동연구에 문호개방
- 타 기관의 관측 장비 설치 가능

4. 한국 지질자원 연구원



그림 5-12 지질자원연구원 지자기 관측망 홈페이지 화면

지구 자기장은 광물탐사, 지도 제작, 측지, 지진 활동 및 화산

활동 등의 예측 등 측지학적, 지질학적, 지구 물리학적 목적에 쓰여 왔다. 그리고 최근에는 인공위성의 자세 제어, 고층대기 물리학, 전리층의 변화연구, 우주 환경 예보 등에도 사용되고 있다. 한국 지질 자원 연구원은 지자기장 관측 망을 구축하여 지자기장 관측, 자료제공, Dst값 예측 등의 사업을 진행 중이다.

가. 지자기장 관측

(1) 한국의 지자기장 관측소

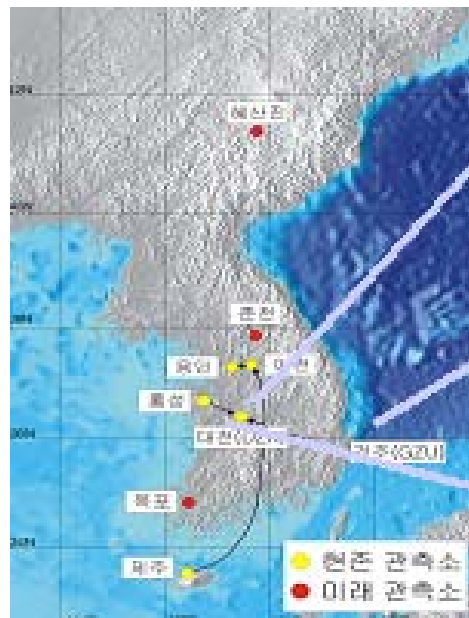


그림 5-13 한국의 지자기장 관측소

(2) 응용분야

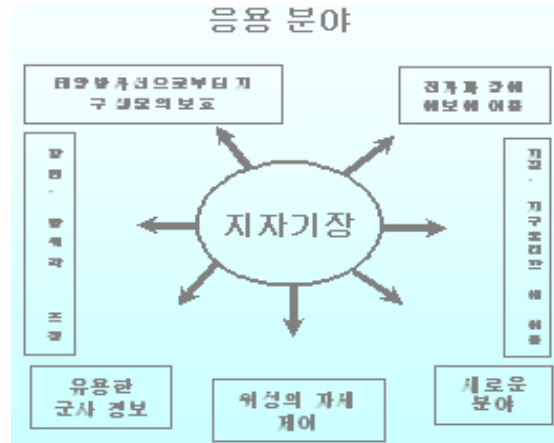


그림 5-14 지자기 관측 응용분야

5. 전파연구소

가. 연구 업무

(1) 태양 전파 관측

30MHz ~ 2.5GHz 대역의 태양 전파를 수신하여 태양 폭발의 유형을 관측한다. 이를 통해 텔러지 현상을 예측하고 전파 환경을 모니터링 할 수 있다.



그림 5-15 전파 연구소의 태양 전파 관측기(이천)

표 5-1 태양 폭발 유형별 특징

유형	특징	관련 현상	원인
Type I	- 짧은 주파수 대역에서 연속 전파방출 - 수시간 ~ 수일	- 지자기 폭풍 - 전리층 폭풍 - Eruptive 홍염	태양 흑점
Type II	- 고주파에서 저주파로 천천히 하강 - 하모닉 구조, 수분 ~ 수십분	- 태양 코로나 충격파 - 우주 환경변화의 주요 징후 - 지자기 폭풍	자기 충격파
Type III	- 고주파에서 저주파로 급격히 하강 - 집단으로 발생, 수십초간	- 태양 플레어에 의한 고속의 전자빔	고속의 전자흐름
Type IV	- 플레어 관련 광대역 연속 전파 현상 - Stationary, Moving Type IV로 분류	태양 Plasmoid	가장 강력한 플레어와 관련
Type V	- Type III 그룹과 함께 발생 - 1~2분간 지속, 구분하기 힘들	고속의 전자빔	태양 내부활동

(2) 전리층 연구

(가) 안양 전리층 관측 시스템

- 관측 주파수 범위: 0.1 ~ 30MHz
- 최대 출력: 300W
- 관측 주기: 15분 간격
- 관측 고도: 90 ~ 600km

- 관측 내용: E, F층 높이, 최대 임계 주파수(foF2), 최대사용 주파수

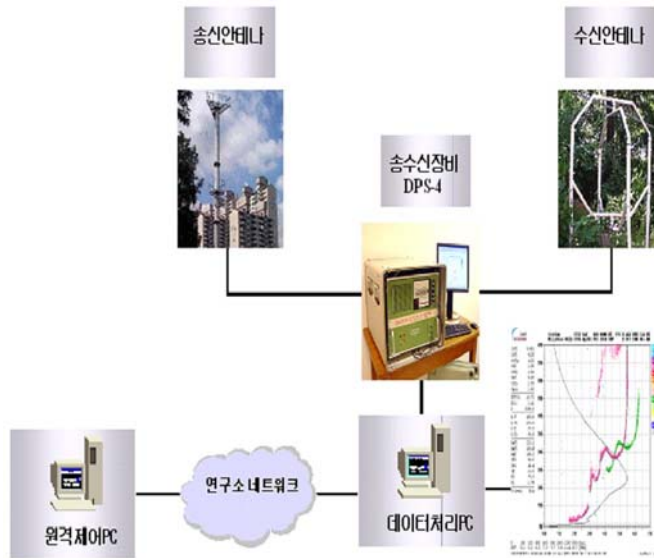


그림 5-16 안양 전리층 관측 시스템

(나) 전리층 현상과 통신에의 영향

① 비 정상상태의 전리층 현상

- 전리층 교란
- 이동 전리층 교란
- 전리층 폭풍 (Ionospheric Storm)
- 스포라틱 E 현상 (Sporadic E)

② 통신에서의 문제

- MF, HF, VHF 전파 흡수 (Short Wave Fadeout)
- FoF2 변동 (최적 운용 주파수 변동)
- 전파의 위상, 진폭, 편파 변동

- Scintillation (GPS 정밀도 에러)
- HF / VHF 전파간섭

표 5-2 전리층 교란에 의한 통신시스템의 영향 및 관련기관

전파통신분야	전리층 효과	관련기관
HF Communication	<ul style="list-style-type: none"> - 전파흡수증가 - MUF Depress, - LUF Increase - Fading 증가 	철도청, 산림청, 기상청, 군, 방송국, 아마추어 무선연맹, 해상 무선 표지국
Surveillance System	<ul style="list-style-type: none"> - 레이더 감도 감소 - Range 에러, 방위각, 고도에러 	군, 공항 공단
위성통신 시스템	<ul style="list-style-type: none"> - 신틸레이션 - 주파수 간섭 	KT, 온세통신, 데이콤, 한국 디지털 위성방송(주)
Loran-C 항법시스템(GPS) OMEGA	<ul style="list-style-type: none"> - 위상 및 진폭변동 - 위치에러 - 전리층 반사층의 변화에 의한 전파 위상의 이상 현상 	해상 무선 표지국 SK텔레콤, CDMA 이동전화 기지국, 선박 통신사 협회

(3) 지자기 연구

표 5-3 지자기 현상과 특징

현상 분류	특징	지속시간
지자기 폭풍	H 성분 급격한 증가로 시작, 크게 감소한후 회복	1일 ~ 수일
Sudden Impulse(SI)	H 성분의 급격한 증가로 시작되지만 지자기 폭풍은 발생하지 않음	수 시간
태양 플레어 현상	태양 플레어에 의한 지자기 변동	수 분
Bay	한밤중에 자기장이 증가	1 시간

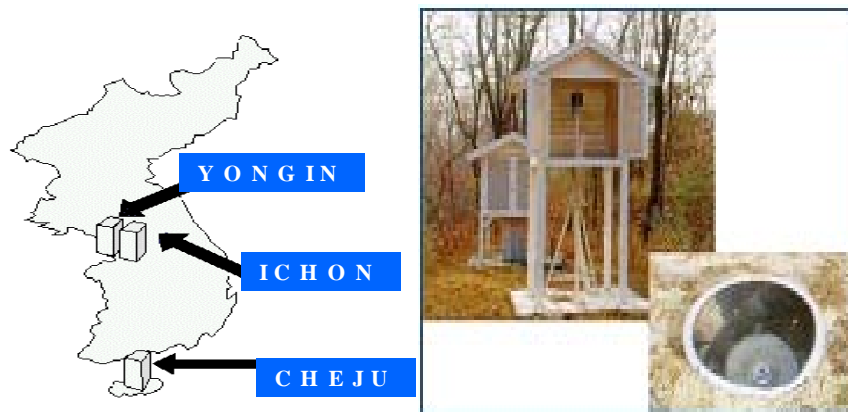


그림 5-17 국내 지자기 관측소(좌)와 지자기 관측기(우)

(4) 예·경보 서비스

- 태양 활동 모니터링
- 전파 예보·경보



그림 5-18 전파 연구소의 전파 예·경보 화면

표 5-4 전파연구소의 전파 정보 등급

전파 정보 등급 분류					
단 계	상 황	태양 활동	고에너지 입자	지자기 활동	예상되는 주요 장애 현상
1	일 반	M1 이상	10Mev 이상	Kp=5	극지방 통신 장애 가능성 및 저고도 위성 궤도 수정 가능성
2	주 시	M5 이상	10Mev 이상	Kp=6	고위도 HF통신 및 LF항법 장애 발생 및 위성 고도 조절 필요
3	주 의	X1 이상	10Mev 이상	Kp=7	일시적 HF통신 두절, LF항법 오차 발생 및 위성영상 노이즈 발생
4	경 보	X10 이상	10Mev 이상	Kp=8~9	1시간 이상 HF통신 두절, LF항법 장 애 및 위성 위치 추적 장애 발생
5	비 상	X20 이상	10Mev 이상	Kp=9	2~3시간 이상 HF통신 두절, 항법 오 차 발생 및 위성 통제 장애 발생

제 3 절 국내 위성 운영 현황

국내에서는 1992년에 발사된 우리별 1호 위성을 시작으로 지금
까지 다음과 같은 9기의 위성이 국가주도 또는 민간주도로 운영되고 있
다.

- 우리별 위성 1, 2, 3호, 과학기술위성 1호
- 무궁화 위성 1, 2, 3호
- 다목적 실용위성 1호
- 한별위성 1호

또한 2006년에도 저궤도 위성인 다목적 실용위성 2호와 정지궤
도 위성인 무궁화위성 5호가 발사될 예정으로 있다. 국내 위성의 사용

목적은 저궤도 지구관측 및 과학기술시험(우리별, 과학기술위성, 다목적 실용위성)과 정지궤도의 방송통신(무궁화위성, 한별위성)으로 크게 나누어질 수 있으며, 우주개발 중장기 계획에 의하면 우리나라는 국가주도로 2005년 말부터 다목적 실용위성 2호를 시작으로 2010년까지 13기의 위성을 발사하여 운영할 계획으로 있다. 저궤도 및 정지궤도 위성이 목적하는 임무를 원활히 수행하기 위해서는 지상에 있는 위성관제운영센터의 활동에 의지할 수밖에 없으며, 국내위성의 관제운영은 과학기술원 인공위성 연구센터(우리별 및 과학기술위성), KT 용인 관제소(무궁화위성), 항공우주연구원 위성운영센터(다목적 실용위성), SK 텔레콤(한별위성)에서 수행하고 있다.

1. 한국항공우주연구원 위성운영센터

가. 개요

한국항공우주연구원 지상국 (KARI Ground Station, KGS 이하 항우연 지상국)은 1996년 11월 28일 착공하여 지난 1998년 11월 27일 완공하였다. 항우연 지상국은 1999년 12월 21일 발사된 우리나라 최초의 다목적 실용위성인 아리랑 1호 (KOMPSAT-1)의 초기 운영을 시작을 계기로 국가주도하에 개발되는 위성들의 관제임무를 수행하고 있다. 국가우주중장기 개발계획에 따라 향후 발사 예정인 아리랑 2, 3호, 5호, 그리고 통신해양기상위성에 이르는 다수의 위성을 성공적으로 운영하기 위하여 항우연 지상국은 지난 2004년 5월부터 약 4개월 간 리모델링 공사를 수행하여 현재, 동시에 최대 5기까지 운용이 가능한 ‘위성종합관제실’로 변모하였다. 항우연 지상국은 현재 아리랑 1호의 당초 예정하였던 3년간의 정상 임무를 성공적으로 완수하고, 6년째 정상적으로 연장 운영하고 있으며, 올해 말 발사 예정인 아리랑 2호 관제시스템을 설치하여 임무 준비 중에 있다.

나. 임무

한국항공우주연구원 지상국은 국가주도하에 개발된 위성들의 임무운영을 수행한다. 또한, 외국 위성들의 데이터들의 수신 및 운영 지원도 수행한다. 현재 임무 운영 중인 위성과 향후 운영 예정인 위성들은 아래와 같다.

(1) 현재 임무 운영 중인 위성

(가) 아리랑 1호 (다목적실용위성 1호)

- 1999년 12월 21일 발사. 2005년 10월 현재 정상 운영 중
- 임무수명 3년
- 태양동기궤도, 고도 685km
- 한반도 관측 및 해양관측 임무
- 전자광학카메라, 해양관측카메라, 우주과학 실험 탑재체



그림 5-19 아리랑 1호의 이미지

(나) 아리랑 2호 (다목적실용위성 2호)

- 2006년 7월 말 발사
- 임무수명 3년
- 태양동기궤도, 고도 685km

- 한반도 정밀 관측
- 전자광학카메라

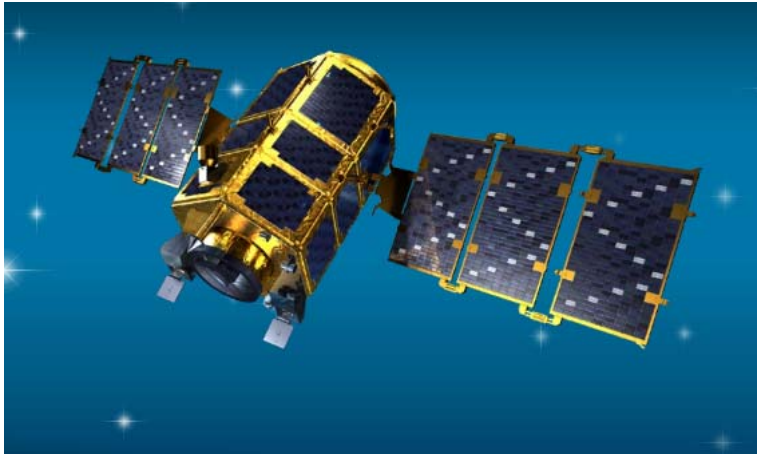


그림 5-20 아리랑 2호의 이미지

(2) 향후 임무 운영 예정인 위성

(가) 아리랑 3호

- 2009년 발사 예정
- 임무수명 4년
- 태양동기궤도, 고도 685km
- 한반도 정밀 관측
- 전자광학카메라

(나) 아리랑 5호

- 2008년 발사 예정
- SAR 탑재

(다) 통신해양기상위성 1호

- 2009년 발사예정

- 지구정지궤도
- 한반도 기상, 해양 관측 및 Ka-밴드 통신

(3) 임무운영 위성

항우연 지상국은 현재 아리랑 1호를 운영하고 있으며, 향후 아리랑 2, 3, 5호 및 통신해양기상위성 1호의 임무운영도 수행할 예정이다. 임무 운영 중인 아리랑 1호에 대한 소개는 다음과 같다.

- 발사일: 1999년 12월 21일
- 발사장소: 미국 반덴버그 공군기지
- 임무수명: 3년
- 무게: 570kg
- 크기: 1.8m x 2.4m
- 운용 궤도: 685km, 태양 동기 궤도, 경사각 98.13도, 이심률 0.001
- 탑재체: 전자 광학 카메라, 해양 관측 카메라, 우주과학 탑재체
- 주요임무: 한반도 관측, 국가재난 감시, 해양환경 모니터링, 우주환경 분석

2. 한국 과학 기술원 인공위성 연구센터 관제 및 수신처리 지상국

가. 개요

한국과학기술원 인공위성연구센터 지상국은 우리나라 최초의 인공위성인 우리별 1호의 발사와 더불어 1992년 8월 11일부터 운영되기 시작했다. 본 지상국은 우리별 1호 운영을 시작으로 우리별 2호, 우리별 3호의 임무를 성공적으로 완수했으며 현재 과학기술위성 1호의 임무를

수행하고 있는 명실상부 소형 과학기술위성에 관해서는 국내 최초 및 최대의 위성 망을 운영하고 있다. 현재 위성 운영뿐만 아니라 국가우주 중장기 개발계획에 따라 향후 발사 예정인 과학기술위성 2호의 지상국을 개발하고 있으며 또한 과학기술위성 3호의 지상국 개발 기획연구 등 과학기술 실험위성의 임무를 성공적으로 완수하기 위해 개발 연구를 활발히 진행하고 있다.

나. 임무

한국과학기술원 인공위성연구센터 지상국은 과학기술실험을 목적으로 개발한 위성들을 관제 및 운영하는 지상국으로서 위성에 각종 명령이나 프로그램을 송신하여 위성을 조정하고, 위성의 건강상태를 파악할 수 있는 원격검침정보와 탑재체로부터 측정된 실험 자료를 수신하며, 수신된 모든 자료를 저장, 처리 및 관리하여 위성의 상태를 점검함으로써 지상국을 정상적으로 유지하고 수신 자료를 요구하는 사용자들에게 분배하는 역할을 한다.

다. 임무운영 위성

한국과학기술원 인공위성연구센터 지상국은 우리별 1호, 우리별 2호, 우리별 3호 및 과학기술 위성 1호를 운영하고 있으며, 향후 과학기술위성 2호, 3호 등의 임무 운영도 수행할 예정이다. 임무 완료된 위성, 운영 중인 위성 그리고 향후 운영 예정인 위성들은 다음과 같다.

(1) 임무 종료 위성 : 2기

(가) 우리별 2호

- 1993년 9월 26일 발사, 2002년말 임무 종료
- 임무수명 5년
- 태양동기궤도, 고도 820km

- 축적 및 전송 통신 실험, 지구표면촬영 실험, 고속 변복조 실험, 우주관측 실험
- 광학카메라, 우주과학 실험 장치, 탑재 컴퓨터

(나) 우리별 3호

- 1999년 5월 26일 발사, 2002년말 임무 종료
- 임무수명 3년
- 태양동기궤도, 고도 720km
- 지구표면 관측, 우주과학 실험, 위성체 기술 검증
- 광학카메라, 우주물리 탑재체, 별 감지기, 자이로, 반작용 휠, 공통버스구조, 전개식 태양 전지판, 고속 데이터 전송 장치, 대용량 메모리 시스템

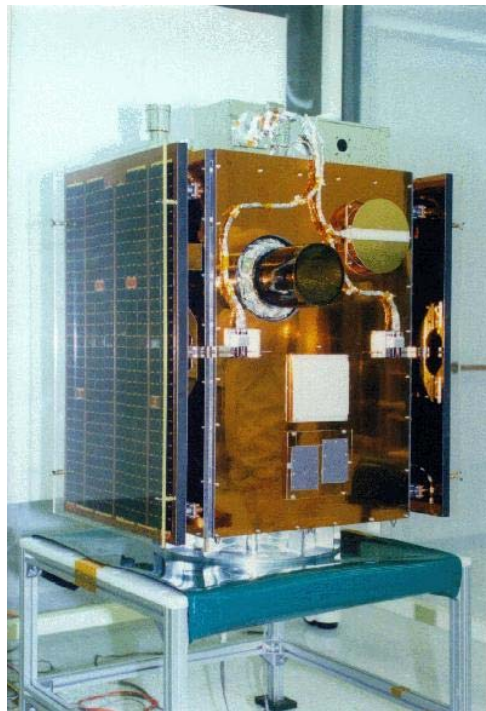


그림 5-21 우리별 3호의 이미지

(2) 현재 임무 운영 중인 위성 : 2기

(가) 우리별 1호

- 1992년 8월 11일 발사
- 2005년 11월 현재 계획된 임무는 종료
- 위성의 버스시스템의 성능을 검증위해 위성운용
- 임무수명 5년
- 태양비동기궤도, 고도 1300km, 경사각 : 66도
- 추적 및 전송 통신 시험, 지구표면촬영 실험, 우리말 음성 방송 실험, 우주 방사선 측정 실험
- 광학카메라, 방사선 측정 장치, 음성방송 실험 장치, 탑재 컴퓨터

(나) 과학기술위성 1호

- 2003년 9월 27일 발사, 2005년 11월 현재 임무 운영
- 임무수명 2년
- 태양동기궤도, 고도 680km
- 천문우주 관측, 위성체 기술 검증
- 원자외선 분광기, 우주물리 탑재체, 데이터 수집 장치, 고정밀 별감지기

(3) 향후 임무 운영 예정인 위성 : 2기

(가) 과학기술위성 2호

- 2007년 12월 말 발사 예정
- 임무수명 2년
- 태양비동기궤도, 고도 300km ~ 1500km 인 타원궤도
- 위성체 핵심 기술 개발 및 시험, 지구대기환경관측, 정밀 궤도 측정

- 플라즈마 추력기, 고 정밀 디지털 태양센터, 2중 헤더 별 감지기, 라디오미터기, 레이저 반사경



그림 5-22 과학기술위성 2호의 이미지

- (나) 과학기술위성 3호
- 기획사업 중

3. KT 위성관제센터

가. 무궁화 위성 2호

- 발사일 : 95.1.14
- 제작사 : 록히드마틴(미)
- 발사체 : 델타II로켓
- 수 명 : 10년
- 궤 도 : 동경 113.05도
- 서비스 : 한반도

나. 무궁화위성 3호

- 발사일 : 99.9.5
- 제작사 : 록히드마틴(미)
- 발사체 : 아리안IV
- 수 명 : 15년
- 궤 도 : 동경 116도
- 서비스 : 한반도 및 아시아

4. 티유 미디어 지상국

가. 개요

한국 국내 유일한 위성 DMB 사업자인 티유 미디어의 한별위성 원격 관제소(KSR: Korea Remote Station, 이하 KRS)는 2003년 9월 30일 KSR 구축을 위한 Kick Off Meeting을 시작으로 2004년 5월 21일에 구축이 완료되었다. 티유 미디어의 KRS는 2004년 3월 13일에 발사된 세계 최초의 디지털 멀티미디어 방송용 위성인 한별위성(MBSAT)의 감시 및 원격제어업무를 담당하고 있다. 한별위성에 대한 운용과 관제 업무는 일본의 위성사업자인 SCC가 한별위성을 위탁 운용하고 있으며 이 운용회사는 주 관제소인 SPE(Superbird Platform East)와 부관제소인 SPW(Superbird Platform West)를 보유하고 있다. 원격관제소인 KRS는 한별위성의 원격관제 뿐 아니라 방송 송출안테나를 통해 2005년 11월 현재 위성 DMB서비스를 위한 11개의 비디오 채널과 26개의 오디오 채널을 송출하고 있다.

나. 임무

티유 미디어 원격관제소는 세계최초의 위성 DMB 위성인 한별위성의 원격감시와 원격제어를 수행하며, 아울러 위성 DMB 방송신호

를 송출한다. 현재 운용중인 한별위성의 제원은 아래와 같다.

- 발사일 : 2004년 3월 13일
- 임무수명 : 12년
- 지구정지궤도 위성이며 고도는 적도궤도 상공 35,786km
- 한반도 및 일본전역에 Ku-Band 및 S-band 주파수로 방송서비스 제공

다. 임무 운영 위성

티유 미디어는 위성 DMB용 위성으로 한별위성 1기를 운용 중에 있으며 세부 위성특성은 아래와 같다.

- 위성체 모델 : SS/L FS1300(Space Systems Loral 사 제작)
- 발사일 : 2004년 3월 13일
- 발사체 : AtlasIIA(ILS 사)
- 발사장소 : 미국 케이프 케너베럴 발사장
- 임무수명 : 12년
- 무게 : 4,100kg(발사무게)
- 크기 : 3m * 3.4m * 5m (본체)
- 운용궤도 : 동경 144도 (정지궤도)
- 탑재체
고출력 증폭기 40기(Ku-Band 4기, S-Band 36기)
안테나 3기(12m S-Band 1기, 1.2m 1기, 2.4m 1기)
- 주요임무 : 위성 DMB 방송 서비스 제공

5. 무궁화 위성 5호 군통신망 제어 센터

군 위성 망을 독자적으로 운용하는 주 운용국의 망 관리/제어 권한은 평시 및 전시(위기 시)에 동일한 개념으로 운용된다. 주 운용국의 망 제어센터는 군이 요구하는 위성 망을 효율적으로 구축하고 상태

를 관리한다. 주운용 국을 구성하는 각 시스템들의 임무는 다음과 같다.

가. 단말제어

단말관리 시스템은 단말제어 시스템을 구성하는 DAMA 망 제어기와 PAMA 망 제어기를 연동하여 각 사용자 단말을 초기화하고, 여러 형태의 사용자 단말을 관리/제어한다. 단말관리 시스템 운용자는 이 두 종류의 제어기를 통합하여 관리하는 워크스테이션에서 PAMA 망의 통신 링크와 채널의 상태를 감시하고, PAMA 망 단말의 사용자 인터페이스에서 안테나 상태까지 각 구성 요소의 상태 정보를 알 수 있다. DAMA 망 단말의 경우에는, 단말 형태에 따라 관리 정보가 제한을 받을 수 있으나, 망 제어기를 통해서 각 사용자 단말의 구성 요소의 상태 정보를 알 수 있다.

나. 망 계획

망 계획 시스템은 중계기 사용을 위한 주파수 및 전력 계획을 수행하는 부분과 단말 사용자를 위한 위성망 계획 2가지로 구분할 수 있다. 망 계획 시스템은 최초에 단말 사용자로부터 단말 사용 신청을 접수하여 최적의 위성망을 구축하고, 그에 따른 중계기를 할당하고, 단말의 사용 전력을 계산하여 단말 사용자와 단말 운용자에게 정보를 제공하여 계획된 초기화 및 관리가 이루어지도록 한다.

다. 감시제어(지상 장비)

지상 장비 감시제어 시스템은 안테나/RF 시스템, 네트워크 관련 장비, 주요 시설 등을 감시 제어하며, 단말제어 시스템과 안테나/RF 시스템과의 연결경로, 통신감시 시스템과 안테나/RF 시스템과의 측정경로 등을 선택한다. 또한 주 운용국의 전원, 공조 시설 등을 관리한다.

라. 통신감시

통신감시 시스템은 망 계획 시스템에서 계획한 중계기 할당 및 단말 배치 결과를 이용하여 군용 중계기의 상태를 감시하고, 이를 사용하는 각 단말의 주파수와 전력을 측정하여 운용 상태를 판단한다. 또한 군용 중계기를 불법으로 사용하는 단말을 발견하거나, 또는 의도적인 통신 재머를 파악하여, 통신 운용 상태를 결정하고 대처할 수 있는 기능을 제공한다.

마. 전시 및 평시운용

주 운용국은 위성 관제 및 망 제어를 통합적으로 관리할 수 있으며 평시는 물론 전시에도 사용할 수 있다.

6. 위성전파감시센터

가. 개요

(1) 일반사항

위성전파감시센터는 서울 동남쪽 80km 거리에 있는 경기도 이천시 설성면에 위치하고 있으며, 2002년 8월부터 본격적인 위성전파감시를 시작하였다.

(2) 기능

- 동경 55~서경160 상공 위성전파의 하향링크(1.45~21.2GHz) 추적 및 수신
- 정지궤도 위성의 궤도정보 및 전송 특성 측정
- 정지위성의 ITU-RR 및 국제 등록 제원 준수여부 확인
- 유해전파 발생 시 신속한 간섭원 탐사

나. 임무

(1) 정지위성 궤도 및 전송특성 측정

규칙적인 방법으로 대상범위 내 위성의 궤도 및 전송특성을 측정한다.

- 우주국에서 발사하는 위성전파가 ITU-R 등록제원 궤도정보 및 전송특성과 일치하는지 확인
- 위성등록 여부를 검색하고 궤도위치를 측정, 위치정보 검색
- 측정경로를 분석, 유해간섭전파를 조사하여 간섭원을 색출함으로써 위성 망 서비스를 유해 간섭으로부터 보호
- 측정된 감시 자료를 데이터베이스화 하여 필요시 중앙전파관리소 및 ITU등에 보고

(2) 유해전파 원인규명

- 지구국이나 위성 망 상호간 또는 타 위성 망에 혼신을 발생시키는 전파를 탐사하여 원인을 규명하고 제거함으로써 위성 망을 보호하는 데 있다.
- 위성 망에 간섭전파가 발생할 경우 각기 다른 경로를 통해 안테나 2기에 유입되는 신호의 거리에 의해 도달되는 시간차(TDOA: Time Difference of Arrival)와 도플러 천이(Doppler Shift)에 의한 주파수차(FDOA: Frequency Difference of Arrival)를 계산하여 유해전파 발사원의 위치를 추정함으로써 위성 망 혼신 해결에 결정적인 역할을 수행한다.

(3) 위성통신 연구개발 지원

기상위성, 과학위성 등에서 사용되는 데이터 처리 프로그램 개발 및 전파전파 특성 연구를 위해 산업체, 대학교, 연구기관 등에 위성 RF

제공 및 위성전파감시시스템을 개방하여 우주산업 개발을 적극 지원하고 있다.

제 6 장 우주 전파 환경 워크숍

- 일 시 : 2006년 11월 21일(화) 13:00 ~ 18:00
- 장 소 : 경희대학교 아태국제대학관
- 주 최 : 정보통신부 전파연구소 이천분소
- 주 관 : 경희대학교 우주과학과
- 목 적 : 우주전파환경의 변화에 따른 지구 근접 환경의
영향과 예상되는 피해를 최소화하기 위한 노력
의 일환으로 관련 기관간의 교류 협력을 통한
우주전파환경 관련 연구에 대한 공감대 형성과
연구 활성화를 도모하기 위함.
- 참여기관 : 국군통신사령부, 경희대학교, 인공위성연구센터,
아마추어무선통신, (주)에스이랩, 전파연구소,
충남대학교, 충북대학교, 천문연구원, 해군,
한국통신, 해양경찰청, 해양수산부 이상 13개
기관
- 참여인원 : 민·관·군 관계자 약 30 명
- 내 용 : 태양-지구 기초 물리이론, 국내외 연구기관 현황
우주전파환경에 의한 위성 피해 사례 등 9편의
발표 및 토론



발표 1

태양과 우주환경

한국천문연구원 태양우주환경그룹
문용재



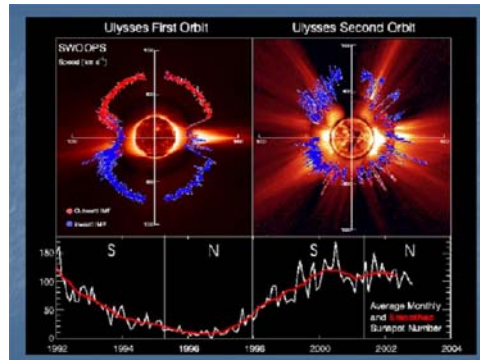
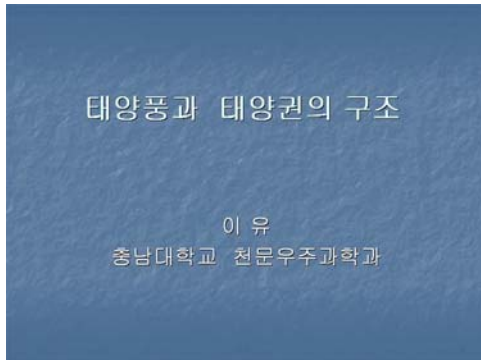
주요 내용

- o CME와 플레어에 대해 설명.
- o 2000년 7월 14일의 태양 플레어 이벤트 소개.
- o 태양 분출 발생 모형, 태양 주기에 대해 설명.
- o Radio Blackout, Solar Radiation Storms, Geomagnetic Storms에 대해 설명.
- o 우주환경 모니터링 시스템 소개.
- o 통신에 대한 우주환경의 필요성 설명.
- o 정지궤도 위성의 자세제어에 대한 우주환경의 필요성 설명.
- o 위성추적에 대한 우주환경의 필요성 설명.
- o 지자기 폭풍 예보에 대한 우주환경의 필요성 설명.
- o 향후 우주환경 연구 협력을 위한 제언.

발표 2

태양풍과 태양권의 구조

충남대학교 천문우주과학과
이 유



주요 내용

- o 실용학문으로서의 천문학, 이온층 및 전파 관련 노벨상, 태양풍과 행성간 자기장 연구 등 우주환경 연구와 관련된 유익한 상식들 소개.
- o 태양풍이 지구와 다른 행성들에게 끼치는 영향에 대해 설명.
- o 태양풍 모니터링과 태양권 구조 설명.
- o 태양권과 local interstellar medium에 대해 설명.
- o 태양풍 및 행성간 자기장 관측 및 예측에 대해 소개.
- o 태양 및 태양풍 우주선 관측에 대해 소개.
- o 지상관측 시스템들에 대한 소개.
- o 국내 관측 시설 제안.

발표 3

지구근접 우주환경

경희대학교 우주과학과
이동훈



주요 내용

- 자기권의 구조 및 특징
- 태양풍 입자와 지구 자기장 충돌에 대한 설명.
- 자기권의 동역학 설명.
- 자기권의 전기적 성질
- B_IMF가 지구 자기권에 미치는 영향과 substorm에 대해 설명.
- 전리층의 구조 소개.
- 위성에서 관측한 전리층 데이터 분석 자료 소개.
- 우주환경이 지구에 미치는 영향들에 대해 설명.

발표 4

국내 연구소 및 연구활동 현황

정보통신부 전파연구소
한진욱



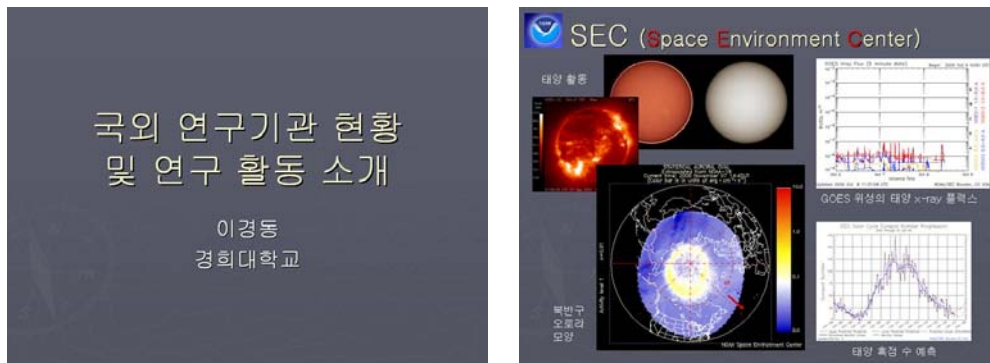
주요 내용

- o 국내 연구소 현황에 대해 소개.
- o 한국항공우주연구원에 대해 소개.
- o 한국천문연구원 소개.
- o 해양연구원 부설 극지연구소에 대해 소개.
- o 한국지질자원 연구원에 대해 소개.
- o 전파연구소에 대해 소개.
- o 국내, 외 협력체제 구축 계획 제안.

발표 5

국외 연구기관 현황 및 연구 활동 소개

경희대학교 우주과학과
이경동



주요 내용

- o 미국 SEC(Space Environment Center)의 연혁, 조직 및 각 부서별 역할, 우주전파환경 업무에 대해 소개.
- o 일본 NICT(National Institute of information and Communications Technology)의 소개.
- o 유럽 ESA(European Space Agency)에 대해 소개.
- o 기타 유럽 소재 연구기관들에 대해 소개.
- o 호주 IPS(Ionospheric Prediction Service)에 대해 소개.
- o 국제 우주환경 서비스 기구 ISES(The International Space Environment Service) 소개 및 ISES의 예·경보의 표준화에 대해 설명.

발표 6

우주 플라즈마에 의한 인공위성 피해 사례

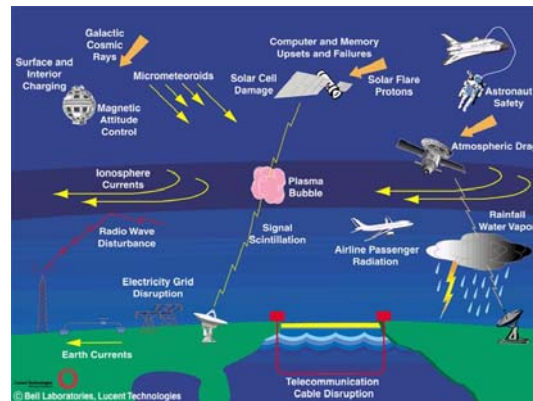
KAIST 인공위성 연구센터

이재진

우주 플라즈마에 의한 인공 위성 피해 사례

이재진

KAIST, 인공위성연구센터



주요 내용

- o 우주환경이 지구에 영향을 준 과거 사례들에 대해 분석.
- o 지구의 radiation belts에 대해 설명.
- o 우주 플라즈마에 의해 일어나는 우주선들의 이상 현상에 대해 설명.
- o The failure of Galaxy 4 사건 소개.
- o 2000년 7월 14일, Bastille Event 소개.
- o 2003년 10월, Halloween event 소개.
- o ADEOS-2의 실패 소개.
- o 과학기술위성 1호 탑재체 운용 현황 소개.
- o STSAT-1의 운용이 우주 플라즈마에 의해 받는 피해 사례 소개.

발표 7

위성망 링크 개요

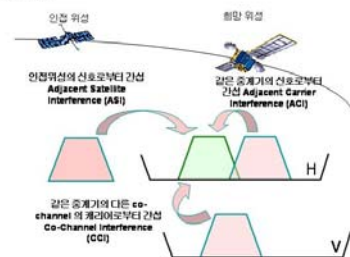
한국통신 위성관제센터
이철학

위성망 링크 개요

1. 위성망 링크 개요
2. 위성중계기 운용
3. 위성망 간섭

위성관제센터

□ 간섭의 3가지 주요 유형



주요 내용

- 위성망 링크에 대해 소개.
- Link Budget에 대해 설명.
- 링크를 통한 전력 및 잡음레벨 변동에 대해 설명.
- 위성중계기 운용에 대해 설명.
- 위성중계기의 일반적 구조에 대해 설명.
- 위성망 간섭에 대해 설명.
- 간섭의 3가지 주요 유형 설명.
- 인접 캐리어 혼신 사례 분석.
- 동일채널 간섭에 대해 설명.
- 동일채널 간섭 사례 분석.
- 불법 캐리어 발생 사례 소개.

발표 8

정보통신과 우주환경

해군
백승복



주요 내용

- 태양에 대해 설명.
- 전리층의 특징과 구조, 전리층 맵에 대해 설명.
- 주야, 계절에 따른 전리층 변화 양상에 대한 설명과 데이터 분석.
- 단파와 전파의 궤적에 대해 설명과 시뮬레이션.
- 단파 예보프로그램 소개.
- 단파 예보프로그램 정확도 확인.
- 단파 통신 향상 방안 소개.
- 정보통신과 우주환경의 관계에 대해 사례분석.

제 7 장 우주환경연구 발전 계획

1절 우주전파환경 연구의 필요성

1. 우주전파환경 연구

가. 정의

- (1) 태양 활동으로 인한 지구 근접환경의 물리적 변화
- (2) 태양의 구조, 태양풍, 전리층, 지자기 및 고층 대기의 상태 변화 연구

나. 영향

- (1) 위성운용, 위성통신, 및 단파 통신의 장애
- (2) 항법장치 오류로 인한 항공기, 선박의 선로 마비
- (3) 강한 지구 자기장의 영향으로 인한 송전 시스템 파손
- (4) 송유관 부식
- (5) 해저 케이블 기능 저하 등

다. 필요성

- (1) 우주전파환경의 변화는 위성통신, 전력 설비 등 일상생활에 직접적으로 영향을 미침
- (2) 기술이 앞선 선진국의 경우도 예·경보의 수준은 걸음마 단계
- (3) 전 지구적 재난의 특성을 가지므로 국제 공동 연구 및 협력 필요
- (4) 태양의 주기적 활동에 따른 피해가 예측됨에 따라 사회적, 경제적 손실을 최소화하기 위해서는 효율적인 우주전파환경 예·경

보 시스템 구축이 절실

라. 역할 및 기능

- (1) 정보 통신, 위성 등 국가 자산의 안전성 확보에 기여
- (2) 사회적, 경제적 피해의 사전 예방 또는 피해의 최소화
- (3) 우주전파환경에 관련된 기초과학 기반 연구 결과 제공
- (4) 우주전파환경의 사전 예·경보를 통한 대응방안 제시
- (5) 위성, 통신 등 우주관련 산업의 기술적 토대 제공

2절 국내 연구 현황 및 문제점

1. 국내 연구소 현황

가. 전파연구소

(1) 현황

- o 이천 분소의 관측과에서 주요 업무 담당
- o 연구인력 : 8명
- o 보유장비 : 전리층 관측기(안양), 지자기 관측 시스템(용인, 이천, 제주), 태양전파관측 시스템(이천)

(2) 연구 업무

- o 30 Mhz~2.5 Ghz 대역 태양 전파 수신을 통해 태양 폭발의 유형 관측
- o 2.8 Ghz 대역 태양 절대 플럭스 값 수신
- o 시간별 전리층의 물리적 변화 측정 및 전파예보서비스 제공
- o 우주전파환경 변화에 따른 지구 자기장 변화량과 자기장 폭풍 관측

나. 한국천문연구원

(1) 현황

- o 우주과학연구부의 태양우주환경연구그룹에서 관련 연구 수행
- o 연구인력 : 석·박사급 연구원 약 10여명
- o 보유장비 : 태양 플레어 관측기(대전), H-alpha 코로나 그래프 (보현산), 태양 분광 망원경(대전), 1.6M 태양 망원경(2007년 추진), Solar Radio Burst Locator(2008년 추진)

(2) 연구 업무

- o 태양 활동 원인 연구
- o 태양활동과 지자기 변화의 관련성 연구
- o 지구근접 우주환경 변화 연구

다. 한국항공우주연구원

(1) 연구 개발 현황

- o 1993년 Experimental급 경항공기 개발
EXPO 지상관측용 무인 비행선 개발
1단형 과학로켓 (KSR-I) 발사
- o 1997년 쌍발 복합재료 항공기 개발
2단형 중형과학로켓(KSR-II) 발사
- o 1999년 국내 최초 다목적실용 위성 아리랑1호 발사
- o 2001년 선미익 항공기 개발
- o 2002년 한국 최초 액체추진과학로켓(KSR-III) 발사
- o 2003년 성층권 무인비행선 (비아 50호) 개발

(2) 우주 사업

- o 우주센터(외나로도) 설치
- o 한국 우주인 사업 진행 중

라. 해양연구원 부설 극지연구소

(1) 연구 업무

- o 지자기 관측
- o 고층대기 및 전리층에 대한 연구

(2) 향후계획

- o 제 2 남극 기지 건립 추진 중 (2011년 예정)

마. 한국지질자원연구원

- o 지질학 및 광산 탐사 등의 목적으로 지자기 관측 시설 설치 및 운용
- o 자력계 독자개발

바. 한국과학기술원 인공위성연구센터

(1) 연구 개발 현황

- o 1992년 우리별 1호 발사
- o 1993년 우리별 2호 발사
- o 1999년 우리별 3호 발사
- o 2003년 과학기술위성 1호 발사

(2) 연구 업무

- o 위성 제작 기술 국산화 연구
- o 위성 운용 기술 습득
- o 위성체에 탑재한 측정 장비 각종 과학 임무 수행

2. 문제점

가. 장비

- (1) 현재의 운용되고 있는 관측 장비 대부분은 90년대 초부터 중반 까지에 도입 및 설치됨.
- (2) 각 연구기관 별로 추가 장비 도입 완료 또는 추진 중
- (3) 지속적인 시설 투자 필요

나. 시설

- (1) 통합 데이터 센터의 부재로 인해 연구기관 간의 자료 교환 활동이 용이하지 않음.
- (2) 각 연구소에서 수집된 자료를 통합하여 관리할 수 있는 데이터 통합센터 건립 필요
- (3) 연구 기관 별 연구 분야 특성화 필요

다. 연구인력

- (1) 현재 각 연구기관에 분포되어 있는 연구 인력은 선진국의 연구 기관에 비해 그 수가 절대적으로 적음
- (2) 태양, 전리층, 지자기, 예보서비스 분야별로 연구 인력의 확충 필요

라. 실수요자와의 연계

- (1) 우주전파환경 변화에 의한 피해 발생 시 사용자의 대처 능력 취약
- (2) 우주전파환경 변화에 민감한 분야의 실수요자 현황 조사 미진
- (3) 연구 인력과 실사용자간의 유기적 연계 노력 필요

3절 연구 및 서비스 발전 방향

1. 관련 기관의 연구협력체계 구축

가. 우주환경연구반회의(가칭) 구성 및 운영

- (1) 연구 인력간의 지속적인 접촉을 통해 정보 교환 및 연구 능력 향상
- (2) 우주전과환경 연구 발전을 위한 두뇌 역할
- (3) 국제기구 가입 등 국제 활동에 참여 준비를 위한 사전 준비 모임 성격
- (4) 학·연 등 각계 전문가를 전문 분야 별로 소그룹 형성

나. 연구 협력을 위한 공동망 설치

- (1) 관계 기관 간의 공동망 설치를 통한 관측 자료 공유 및 시설 확충
- (2) 관측 데이터 표준화

다. 공동 연구를 통한 산·학·연 협력 강화

- (1) 학·연의 경우 상호 관측 자료 및 관측 기술, 분석 결과 등을 상호 교류
- (2) 관련 산업체와의 협력을 통해 관측 및 연구 결과의 국산화, 상업화 추진 및 활용 분야 개발

라. 국제데이터센터(World Data Center) 설치 추진

- (1) 국내 연구기관 연합을 통해 국제기구 공동 가입 추진 역량 집중
- (2) 각종 국내·외 관측 데이터 제공
- (3) 연구 기술의 국제적 교류를 통한 발전 모색
- (4) 국내 연구기관의 국제화 도약

2. 우주전파환경 연구의 필요성 홍보 및 저변확대

가. 방송, 인터넷 등을 통한 적극적인 연구 활동 홍보

- (1) 우주전파환경 변화에 의한 피해 발생 시 각종 방송 매체를 통해 신속한 홍보
- (2) 실사용자가 용이하게 관측 결과를 이용할 수 있도록 집약된 예·경보 서비스 홈페이지 구축 및 실시간 자료 제공
- (3) 전자메일, SMS 서비스 등 다양한 자료 접근 방법 개발
- (4) 일반인에게 쉽게 접근할 수 있는 전문용어집 발간

나. 관련 분야 행사 유치 및 참여

- (1) 학·연 연합 공동 학술대회 개최
- (2) 관련 학술 단체와의 적극적인 협력 및 연대
- (3) 관련 산업체 발굴 및 각종 행사, 세미나 참여 및 유치

다. 일반인 대상 교육, 홍보 실시

- (1) 일반인을 대상으로 하는 전시관 설치 및 강연 실시
- (2) 각종 방송 매체를 통한 홍보물 제작 배포
- (3) 청소년 교육 프로그램 개발

3. 우주전파환경 연구센터 (가칭) 필요성 및 역할

가. 각 연구기관에서 축적한 데이터를 통합 관리하는 효율적이고 집약적인 전문 연구센터 건립 필요

나. 국내 보유 관측 장비의 계획적 운용 및 조화

다. 관측 데이터의 상호 호환성을 유지하기 위한 표준화 작업

라. 연구 결과물을 최종 취합하여 사용자에게 실질적인 서비스 제공

마. 우주전파환경 업무의 홍보 및 방문자 교육 실시

바. 연구진과 실수요자간의 유기적인 연결 통로 역할

사. 우주과학 발전의 중심적인 역할

4. 우주전파환경 연구센터 (가칭) 추진 계획 제안

가. 1단계 : 연구기반 구축

(1) 계획

- o 태양·태양풍, 지구자기권, 전리층·열권 등 관측시설 확충 및 각종 지수의 정립
- o 우주환경연구반회의 구성·운영 등을 통한 범국가적 연구협력 체계 구축
- o 데이터센터 설치 등 국내외 관련 기관 간 연구 교류 활성화

(2) 목표

- o 연구를 위한 국내외 관련기관의 태양, 지자기, 전리층 등 우주환경관측자료 수집 및 분석
- o 운용관측자료와의 비교 분석 및 예보용 자료로의 전환

나. 2단계 : 연구의 전문화, 특성화

(1) 계획

- o 각 관측 및 분석능력 제고
- o 외국의 프로젝트에 적극적으로 참여하는 등 연구역량 강화
- o 태양·태양풍, 지자기권, 전리층·열권 등 각 분야별 예측

(2) 목표

- o 관측자료에 근거한 연구용 및 서비스를 위한 운용모델 개발
- o 태양·태양풍, 지자기·전리층·열권 등의 상관성 예보
- o 연구용 모델을 예보모델로 전환
- o 예보모델의 신뢰성 확보 및 개선

다. 3단계 : 우주환경종합서비스 제공

(1) 계획

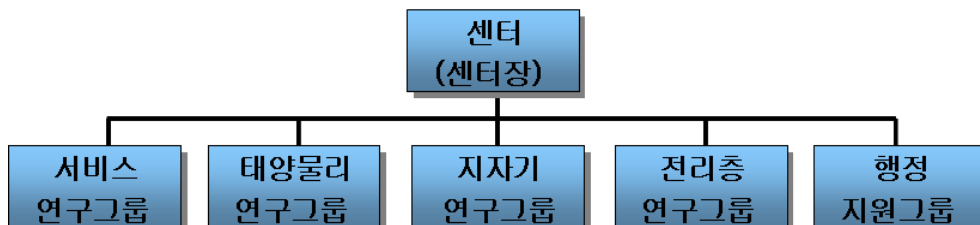
- o 각각의 우주환경예측모델을 통합한 운용자 중심의 모델 개발
- o 우주환경종합서비스 제공
 - 인터넷을 이용한 실시간 데이터 제공 등 서비스 시스템 확립
 - 전화를 이용한 One-Call 종합서비스 제공
- o 방송, 신문 등 언론매체를 이용한 종합안내

(2) 목표

- o 각각의 개별예보 실시
- o 태양, 지자기, 전리층 등 각각의 예보를 종합예보로 전환

라. 조직구성안

- o 각 단계별로 계획에 근거하여 전문연구인력 확보
- o 예보서비스, 태양물리, 지자기, 전리층·고층대기, 기술행정지원 등 전문분야별로 그룹화하여 선진국형 조직체계 마련



제 8 장 결 론

본문에서 살펴본 바와 같이 태양 활동으로 고에너지 입자들은 지구 자기권과 결합하여 여러 가지 물리적 현상을 일으킨다. 우주전과 환경에 대한 연구는 1960년대 이후 기구, 로켓, 인공위성 등의 발달과 함께 지속적으로 추진되어 왔으며, 그 결과로 태양풍, 지구 자기권 및 전리층의 형태와 이들 사이에 일어나는 여러 가지 물리적 현상에 대해 꽤 많은 지식을 습득하게 되었다. 최근에는 보다 개량된 자력계, 레이더 및 인공위성에 실린 X-선 분광기, 고에너지 입자 검출기 등을 통해 지구 고위도를 비롯한 전리층의 여러 현상을 규명하고 있으며, 자기권 또는 전리층에 전자빔을 주사하여 이들 전자의 궤도를 추적함으로써 지구 주위 플라즈마 환경에 대한 더 확실한 이해를 목표로 하는 단계에까지 와 있다. 이러한 연구가 꾸준히 계속되고 있는 이유는 앞서 본문에서 밝힌 바와 같이 태양-지구간의 상호작용에 관한 기초과학적인 관심에도 있으나 최근 들어 지구 근접 공간을 우주개발을 위한 기지로 구축하고자 하는 계획이 꾸준히 추진되고 있고 또 여러 국가에서 통신위성을 보유하게 됨에 따라 자국의 사회적 경제적 이익에 깊이 관련되어 있기 때문이다. 즉 여러 피해 사례에서 알 수 있듯이 태양-지구간에 일어나는 현상들은 우주관련 산업뿐만 아니라 점차 전기, 통신 등 실생활에 미치는 영향이 커져가고 있음을 의미한다. 따라서 가까운 미래에 태양활동 극대기(매11년 주기)가 도래함에 따라 태양폭발로 인한 위성통신, 송전 설비 등의 재난피해 최소화과 안정적 통신운용을 위한 사전대비가 절대적으로 필요하다.

본 연구에서는 이러한 우주전과환경에 영향을 미치는 태양 폭발, 지구 자기권, 전리층 등 지구 근접환경의 물리적 변화 현상을 살펴보고 이러한 현상들에 의한 피해 사례를 조사하여 실생활에 미칠 수 있는 영향을 살펴보았다. 그리고 선진국의 우주전과환경 관련 연구기관의 현황과 연구 활동 등을 조사하여 벤치마킹의 자료로 정리하였다. 선진국의 연구기관을 조사해본 결과 오래된 역사에 걸맞게 체계적인 자료 수집

시스템을 갖추어 자료를 수집해오고 있으며 축적된 자료를 이용하여 효율적인 우주전파환경 예·경보 시스템 구축하고 서비스하고 있음을 알 수 있었다.

국내 연구기관의 현황을 조사하고 국내 연구인력, 장비 등 연구 환경을 점검한 결과 각 연구기관 별로 자체적인 자료들은 비교적 잘 축적이 되어 있으나 기관간의 활발한 소통이 부족하여 효율적인 예·경보 시스템을 갖춘 상황은 아니다. 따라서 각 기관의 장점을 살려 전문화된 연구 결과와 자료들을 통합, 관리하는 시스템이 필요하다. 또한 연구기관과 실 사용자간의 정보부재 및 홍보 부족이 문제점으로 파악되었다. 이에 본 연구의 일환으로 우주전파환경 워크숍을 개최하여 연구기관과 실 사용자 간의 유기적인 연결을 도모하여 인적 인프라 구성하고자 하였다. 끝으로 연구 결과를 토대로 현재 국내 현황의 문제점을 파악하고 향후 국내 연구기관의 역할과 위치, 발전 방향 등을 제시하였다.

참고문헌

김상준, 김용하, 김준, 민경옥, 안병호, 원영인, 윤홍식, 이동훈, 우주과학의 제문제, 민음사, 1998

성향숙, 배석희, 우주전파환경예보 서비스 방법 연구, 전파연구소, 1997

안병호, 우주환경물리학, 시그마프레스, 2000

A. Hanslmeier, The sun and space weather, Kluwer Academic Publishers, 2002

D. E. Gary, C. U. Keller, Solar and space weather radiophysics, Kluwer Academic Publishers, 2005

I. A. Daglis, Effects of space weather on technology infrastructure, Kluwer Academic Publishers, 2004

J. Lilensten, J. Bornarel, Space weather, environment and societies, Springer, 2006

M. C. Kelley, R. A. Heelis, The Earth's ionosphere, Academic Press, INC, 1989

M. G. Kivelson, C. T. Russell, Introduction to space physics, Cambridge University Press, 1995

S. I. Akasofu, Y. Kamide, The solar wind and the earth, D. Reidel Publishing Company, 1987

T. I. Gombosi, Physics of the Space Environment, Cambridge University Press, 1998

T. F. Tascione, Introduction to the space environment, Krieger Publishing Company, 1988

<http://www.noaa.gov/>

<http://www.sec.noaa.gov/>

<http://www.esa.int/esaCP/index.html>

<http://www.esa-spaceweather.net/swenet/index.html>

<http://www.nict.go.jp/index.html>

<http://hirweb.nict.go.jp/index.html>

<http://www.ips.gov.au/>

<http://www.ises-spaceweather.org/>

<http://www.kari.re.kr/>

<http://www.kasi.re.kr/>

<http://sos.kasi.re.kr/spacetech/index.php>

<http://www.rrl.go.kr/>

<http://radio.rrl.go.kr/>

<http://satrec.kaist.ac.kr/>

<http://www.kopri.re.kr/>

<http://kompsat.kari.re.kr/>

<http://www.woojuro.or.kr/>

<http://geomag.kigam.re.kr/>

주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소의 연구개발사업비 재정지원으로 이루어진 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다