

제 출 문

본 보고서를 「우주전파환경연구센터 설립을 위한 종합계획수립에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008. 11. .

연구책임자 : 안치득 (한국전자통신연구원)

연 구 원 : 이호진 (한국전자통신연구원)

김창주 (한국전자통신연구원)

이성팔 (한국전자통신연구원)

김재훈 (한국전자통신연구원)

최용석 (한국전자통신연구원)

박재우 (한국전자통신연구원)

정철오 (한국전자통신연구원)

이병선 (한국전자통신연구원)

김정한 (한국전자통신연구원)

자문위원 : 민경욱 교수 (KAIST)
김석환 교수 (연세대)
김용하 교수 (충남대)
박용선 교수 (서울대)
이동훈 교수 (경희대)
배석희 연구관 (전파연구소)
조경석 그룹장 (천문연구원)
박광량 사장 (ART)
선종호 소장 (썬트랙아이)
김정훈 사장 (SET system)
이동진 상무 (하이게인)

요 약 문

1. 과 제 명 : 우주전파환경연구센터 설립을 위한 종합
계획수립에 관한 연구
2. 연구 기간 : 2008. 8. 13. ~ 2008. 11. 30.
3. 연구책임자 : 안 치 득
4. 계획 대 진도
 - 가. 월별 추진내용

| 세부연구내용 | 대표 연구자 | 주별 추진일정 | | | | | | | | | | | | | | | 비 고 | |
|--|-----------|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | 16 |
| 1. 사업착수 회의 | 박재우 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. 외부자문단 구성 및 1차 자문회의 | 박재우 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. 센터의 역할 / 기능 연구 및 세부 추진과제 선정 | 이호진 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. 국내외 현황조사 및 센터의 시설 / 예산 연구 | 김창주 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 세부연구내용 | 연구자 | 주별 추진일정 | | | | | | | | | | | | | | | | 비 고 |
|------------------------|------|---------|---|---|---|-----|---|---|---|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | |
| 5. 중간연구결과 정리 및 2차 자문회의 | 박재우 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. 최종연구 보고서 작성 | 전연구원 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. 3차 자문회의 | 박재우 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. 최종연구 보고서 수정 및 발간 | 정철오 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 월별 수행진도 (%) | | 20% | | | | 30% | | | | 30% | | | | 20% | | | | |

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 국내 우주전파환경연구센터 설립 타당성 검토
 - 우주전파환경연구센터의 목적 및 필요성 검토
 - 국내외 관련 연구기관 현황 조사 분석
- 2) 우주전파환경연구센터 기능 및 역할 조사 및 분석
 - 우주전파환경 관측 인프라 확충을 위한 조사 분석
 - 우주전파환경에 의한 지상전파환경 영향 분석방안
 - 우주전파환경 예·경보체계 및 예보시스템 구축방안
 - 관측역량강화를 위한 방안 제시
 - 대외 협력활동에 대한 강화 방안 제시
- 3) 센터 구축을 위한 시설, 조직, 운용 사전 조사 분석
 - 센터의 시설 및 부지 선정 검토
 - 센터의 시설 구축예산, 조직 및 인력 검토
 - 센터의 운용방안 연구

5. 연구 결과

- 1) 우주전파환경 개요 및 중요성 분석
- 2) 우주전파환경이 지상전파환경에 미치는 영향연구 방안제시
- 3) 국내외 우주전파환경 예보서비스 현황 조사 분석
- 4) 국내 우주전파환경 연구센터 설립 타당성 제시
- 5) 우주전파환경연구센터 설립 추진전략 제시
- 6) 우주전파환경연구센터 설립 및 운영방안 제시

6. 기대효과

- 1) 과학 기술적 측면
 - 예보기술의 자립화를 통한 예보서비스 외국 의존 탈피
 - 우주개발기술 경쟁력 증대를 통한 우주전파관측 우주강국 진입 마련
 - 위성관측, 지상관측, 예보 모델링 등 다양한 첨단 우주전파환경 기술력 확보
- 2) 국가 안보적 측면
 - 유무선 유비쿼터스 통신 서비스 장애 피해 최소화
 - 신뢰성 있는 예보서비스를 통한 다양한 우주개발 활동 강화
 - 위성, 전력, 송유 시설 등 국가 기간시설의 피해 최소화
 - 독자적인 예보 서비스를 통한 군의 능동적인 우주전략 수립 지원
- 3) 대내외적 측면
 - 선진 연구기반 조성을 통한 국내 연구 활성화 주도
 - 국제 공동연구 및 기구 활동을 통한 국제적 역량 과시
 - 예보기술의 자립화를 통한 국민의 자긍심 고취

7. 기자재 사용 내역

| 시설·장비명 | 규격 | 수량 | 용도 | 보유현황 | 확보방안 | 비고 |
|-----------|---------|----|--------|------|------|----|
| - IBM PC | Pentium | 3 | 보고서 작성 | 기 보유 | | |
| - Printer | HP | 1 | 보고서 출력 | 기 보유 | | |

8. 기타사항

없음

최종보고서 초록

| | | |
|--|----|--|
| 국문 초록 | | |
| <p>국가 우주전파환경연구센터 설립 타당성을 위하여 우주전파환경연구센터의 목적 및 필요성을 검토하였으며, 국내외 관련 연구기관 현황을 조사 분석하였다. 또한 우주전파환경연구센터 기능 및 역할 조사 및 분석하여 다음과 같은 추진전략을 제안하였다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 우주전파환경 관측 인프라 확충 ○ 우주환경이 지상전파환경에 미치는 영향 연구추진 ○ 우주전파환경 예·경보체계 및 예보시스템 구축 ○ 위성을 포함한 관측 역량 및 대내외 협력활동에 대한 강화 <p>우주전파환경연구센터는 전파환경이 양호하고, 기 확보되어 있는 제주한림부지에 전리층 관측기 등 관련 장비와 건물을 구축하는 한편 총 55명 규모의 인력으로 조직을 운영하는 종합계획을 수립하였다.</p> | | |
| 영문 초록 | | |
| <p>Feasibility study of National Space Weather Prediction Center(NSWPC) are conducted. Strategies for constructing NSWPC are proposed.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Measurement Infra Extension ○ Research on Space Environment influence in Ubiquitous Environment ○ Building up Advanced Space Weather Prediction System ○ Enhancement of Measurement Technology and External Cooperation <p>NSPWC will be placed at Jeju, Hallim in which Ionozonde, IPS, etc should be installed. The center building should include 55 peoples, prediction service room and the related measurement equipment, etc.</p> | | |
| 색 인 어 | 한글 | 우주환경, 우주환경예보센터 |
| | 영문 | Space Environment, Space Weather Prediction Center |

SUMMARY

1. Vision, Objectives and Strategies



2. Strategies

2-1. Measurement Infra Extension

- Build-up 『Solar Radio Spectrum Analyzer』 for interference warning
- Establish Ionosphere Observation System of Korean peninsular
 - Install additional ionosonde
 - Install 10 Total electron density monitors for ionosphere research, GPS signal correction, etc.

- Reinforce Geo-magnetic Measurement and Analysis
 - Replace old systems for improving reliability ('07 Jeju → '09 Yongin → '10 Icheon)
 - Develop geo-magnetic data analysis S/W
- 2-2. Advance in Space Weather Prediction Modeling Technology
 - Build-up the ability for developing our own Space Weather Prediction Model
 - Form exclusive team with space weather specialists
 - Build up highly efficient computing infra for model development
 - Setting-up the Prediction model development road-map
 - Development Priority based on the survey of current operating prediction model in foreign centers
 - Development Network among institutes, academia, etc.
- 2-3. Enhancement of Measurement Technology
 - i ○ Development of Up-to-date Measurement Technology
 - Securing the self-maintenance technology through expert training program
 - Setting up the development road-map of up-to-date measurement equipment by feasibility study and foreign center survey including IPS etc.
 - iSatellite Measurement Program for Space Weather
 - Participation in International Satellite Projects
 - Development of Observation Payloads in line with Domestic Space Programs
- 2-4. Cooperation
 - iSpace Weather Warning Network
 - Prompt and accurate Status Distribution System of solar

- activity and predicted information
- Government-level “Contingency Plan” for damage minimization due to space environment variation
- i ○ Collaboration with International Organizations and Oversea Institutes
 - Participation in international program starting from more competitive field such as ionosphere research
 - Long term plan for the required Co-funding, research results, qualified facility
- 3. Proposed National Space Weather Center
 - iName : National Space Weather Prediction Center
 - i ○ Position : Subordinated Center to RRA
 - i ○ Placement : Jeju (area: 59,000m²)
 - i ○ Organization : 5 divisions
 - Prediction Division : Forecast & Warning Service
 - Observation Division : Measurement of Solar Radio Noise, Ionosphere and geo-magnetic
 - Modeling Division : Development of Prediction Model
 - Tech. Division : Development of Spacecraft and up-to-date measurement system
 - Administrative Division : Center Management

목 차

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 표 목 차 | xiv |
| 그림목차 | xvi |
| 붙임목차 | xx |
| 제 1 장 서 론 | 1 |
| 제 1 절 연구 개요 | 1 |
| 1. 연구목적 | |
| 2. 연구수행기간 | |
| 3. 연구수행체계 | |
| 제 2 절 우주전파환경의 개요 및 중요성 | 8 |
| 1. 우주전파환경 개요 | |
| 2. 우주전파환경 영향 및 피해사례 | |
| 3. 우주전파환경연구의 중요성 | |
| 제 3 절 우주전파환경 예보서비스 현황 | 28 |
| 1. 해외 현황 | |
| 2. 국내 현황 및 문제점 | |
| 제 2 장 국내 우주전파환경 연구센터 설립 타당성 | 81 |
| 제 1 절 설립 필요성 및 목적 | 81 |
| 제 2 절 국내 관련 연구기관의 기능 | 82 |
| 1. 전파연구소 | |
| 2. 천문연구원 | |
| 3. 전자통신연구원 | |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 4. 기타 연구기관 | |
| 제 3 절 활용 및 기대효과 | 86 |
| 제 3 장 우주전파환경 연구센터 설립 추진 방안 | 88 |
| 제 1 절 센터의 목표 및 기능 | 88 |
| 1. 센터의 목표 | |
| 2. 센터의 역할 | |
| 3. 센터의 기능 | |
| 제 2 절 센터설립 세부 추진 전략 | 92 |
| 1. 우주전파환경 관측 인프라 확충 | |
| 1-1. 태양전파 관측 및 분석 시스템 구축 | |
| 1-2. 한반도 전리층 관측 체계 구축 | |
| 1-3. 지자기 관측 및 분석기술 개발 | |
| 1-4. 태양풍 관측 시스템 구축 | |
| 2. 우주전파환경 예보 모델링 기술 선진화 | |
| 2-1. 우주환경에 의한 지상전파환경 영향 분석연구 | |
| 2-2. 예보 모델 개발 역량 강화 | |
| 2-3. 예보 모델 선정 및 평가 | |
| 3. 우주전파환경 관측기술 역량 강화 | |
| 3-1. 첨단관측 기술 역량 확보 | |
| 3-2. 우주전파환경 관측위성 개발 | |
| 4. 대내외 협력 네트워크 강화 | |
| 4-1. 우주전파환경 예·경보 대응체계 구축 | |
| 4-2. 국제기구 및 연구기관 협력 체계 강화 | |
| 제 4 장 우주전파환경 연구센터 설립 방안 | 123 |
| 제 1 절 센터 위치 및 시설배치 | 123 |
| 1. 센터 부지 선정 및 활용 방안 | |

| | |
|----------------------|-----|
| 2. 센터 시설 배치 방안 | |
| 제 2 절 센터 설립 방안 | 136 |
| 1. 센터 구축 예산 | |
| 2. 일정 및 추진 계획 | |
| 제 3 절 센터 운영 방안 | 139 |
| 1. 센터 조직 및 인력 | |
| 2. 센터 업무 및 역할 | |
| 제 5 장 결론 | 143 |
| 제 1 절 결어 | 143 |
| 제 2 절 관련법규 | 145 |

표 목 차

| | | |
|--------|--|-----|
| 표 1-1 | 궤도에 따른 우주환경의 특징 | 15 |
| 표 1-2 | (a) 우주전파환경변화가 위성체에 미치는 영향 ... | 16 |
| 표 1-2 | (b) 우주전파환경변화가 위성체에 미치는 영향 ... | 17 |
| 표 1-3 | 우주전파환경변화에 의해 영향을 받는 분야 | 19 |
| 표 1-4 | 유럽 주요국가의 우주전파 연구기관 현황 | 42 |
| 표 1-5 | 전파연구소의 관측시설 및 데이터 활용 | 51 |
| 표 1-6 | 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상 | 53 |
| 표 1-7 | 태양전파 관측자료 분석 요약 도표 | 54 |
| 표 1-8 | 태양전파분석을 위한 기호 요약 및 내용 | 54 |
| 표 1-9 | 전리층 교란에 의한 통신시스템의 영향 및 관련 기관 | 57 |
| 표 1-10 | 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상 | 59 |
| 표 1-11 | 지자기 분석에 따른 지자기 현상 구분 | 59 |
| 표 1-12 | 전파연구소의 전파 경보 등급 | 60 |
| 표 1-13 | 우주전파환경 분석 시스템 구축 국내외 기술현황 | 77 |
| 표 1-14 | 국내외 우주전파환경 예보기관 현황 | 78 |
| 표 2-1 | 전파연구소와 천문연구원 업무 및 역할 분담(안) | 84 |
| 표 3-1 | 태양전파 관측 안테나 성능 및 특성 | 94 |
| 표 3-2 | 지자기 관측소와 각 관측소의 좌표 정보(IGRF, 1995) | 101 |
| 표 3-3 | Magnetogram 사양 | 101 |
| 표 3-4 | 신뢰성 있는 우주전파환경 예보서비스를 위해 요구되 | |

| | | |
|-------|------------------------------------|-----|
| | 는 예보모델 | 110 |
| 표 3-5 | 국내 개발 검토대상 관측 장비 | 114 |
| 표 3-6 | 국내 우주환경예보를 위한 관측위성 프로그램 .. | 115 |
| 표 3-7 | ESA의 우주환경예보를 위한 관측위성 프로그램 | 116 |
| 표 3-8 | 우주전파환경 관련 선진국 간 협력 | 121 |
| 표 4-1 | 우주전파환경연구센터 내 필요 시설(안) | 127 |
| 표 4-2 | 전파연구소의 기존 관측장비와 신규 관측장비 .. | 130 |
| 표 4-3 | 단계별 우주전파환경연구센터 구축 예산안 | 136 |
| 표 4-4 | 단계별 우주전파환경연구센터 구축 상세 예산안 | 137 |
| 표 4-5 | 우주전파환경연구센터 구축 계획(안) | 138 |
| 표 4-6 | 우주전파환경연구센터 구성 인원 | 139 |
| 표 4-7 | 우주전파환경연구센터 과별 업무 및 세부인력 .. | 140 |
| 표 4-8 | 우주전파환경연구센터의 업무 및 역할 | 142 |

그림 목 차

| | | |
|---------|-----------------------------|----|
| 그림 1-1 | 연구수행체계 | 1 |
| 그림 1-2 | 2차 자문위원회(워크샵) 장면 | 4 |
| 그림 1-3 | 3차 자문위원회 장면 | 4 |
| 그림 1-4 | 태양 지구간 상호 영향 | 9 |
| 그림 1-5 | 태양활동이 지구에 미치는 영향 | 10 |
| 그림 1-6 | GPS 수신신호의 에러발생 예시 | 12 |
| 그림 1-7 | 전파의 종류와 이동 경로 | 20 |
| 그림 1-8 | 태양폭발로 발생하는 태양전파 스펙트럼 분포 | 28 |
| 그림 1-9 | SWPC의 홈페이지 메인화면 | 29 |
| 그림 1-10 | 미국 국립해양대기청(NOAA) 조직도 | 30 |
| 그림 1-11 | 우주기상 예보센터(SWPC) 조직도 | 31 |
| 그림 1-12 | 우주환경 예보실 내부구조 | 34 |
| 그림 1-13 | IRF 홈페이지 메인화면 | 35 |
| 그림 1-14 | 스웨덴 우주물리 연구소의 구성 | 36 |
| 그림 1-15 | 스웨덴 IRF의 예보 시스템 | 37 |
| 그림 1-16 | ESA 홈페이지 메인화면 | 39 |
| 그림 1-17 | SOHO 위성의 EIT 171Å 이미지 | 40 |
| 그림 1-18 | SOHO/MIT의 다른 파장 이미지 | 41 |
| 그림 1-19 | 호주 IPS 홈페이지 메인화면 | 43 |
| 그림 1-20 | IPS의 조직도 | 20 |
| 그림 1-21 | NICT 홈페이지의 우주환경 정보서비스 화면 .. | 48 |
| 그림 1-22 | NICT 조직도 | 49 |
| 그림 1-23 | 전파연구소 관측 네트워크 | 51 |

| | | |
|---------|--|----|
| 그림 1-24 | 안양 전리층 관측 시스템 | 56 |
| 그림 1-25 | 지자기 관측소(좌)와 지자기 관측기(우) | 58 |
| 그림 1-26 | 전파 연구소의 전파 예·경보 화면 | 60 |
| 그림 1-27 | 한국 천문연구원의 연구 업무 | 61 |
| 그림 1-28 | 한국 천문연구원의 우주환경예보 화면 | 62 |
| 그림 1-29 | 한국 천문연구원의 우주환경 모니터링 화면 | 63 |
| 그림 1-30 | 보현산 태양 플레어 관측 망원경 | 63 |
| 그림 1-31 | 태양플레어 망원경으로 관측한 태양 이미지 | 64 |
| 그림 1-32 | 한국 천문연구원의 태양 분광망원경 | 64 |
| 그림 1-33 | 태양 분광망원경으로 관측한 분광선 | 65 |
| 그림 1-34 | 보현산 전천카메라 | 65 |
| 그림 1-35 | 전천카메라의 실시간 관측 자료(2008.10.03) | 66 |
| 그림 1-36 | 극지연구소의 지자기 센서 및 관측실 | 67 |
| 그림 1-37 | 남극세종기지에 설치한 유성 레이더 | 67 |
| 그림 1-38 | 유성 레이더로 관측한 유성들의 공간 분포 | 68 |
| 그림 1-39 | 유성 레이더 관측으로 얻은 MLT 지역의 wind field | 68 |
| 그림 1-40 | SATI 관측 개요도(좌)와 관측 준비 상태(우) | 69 |
| 그림 1-41 | ETRI의 전파기술연구 | 70 |
| 그림 1-42 | ETRI의 위성통신연구 | 72 |
| 그림 1-43 | 국가 우주개발 프로그램 | 73 |
| 그림 1-44 | 외나로도 우주센터 | 74 |
| 그림 1-45 | 한국항공우주연구원의 무인 비행선 사업의 효과 | 74 |
| 그림 1-46 | 한국의 지자기장 관측소 | 75 |
| 그림 1-47 | 지자기 관측 응용분야 | 75 |

| | | |
|---------|--------------------------------------|-----|
| 그림 3-1 | 우주전파환경 연구센터의 비전 및 목표 | 88 |
| 그림 3-2 | 6m 파라볼릭 대수주기 안테나 | 92 |
| 그림 3-3 | 10m 파라볼릭 안테나 | 93 |
| 그림 3-4 | 태양전파 관측시스템 및 자료처리 구성도 | 93 |
| 그림 3-5 | 2.8GHz 태양전파 수신시스템 | 94 |
| 그림 3-6 | 태양전파 스펙트럼 분석 시스템 구성도 | 95 |
| 그림 3-7 | 전파연구소의 전리층 관측 및 자료 처리·서비스 흐름도 | 97 |
| 그림 3-8 | 한반도 전역 전리층 관측을 위한 종합관측망 구축도(안) | 98 |
| 그림 3-9 | 전리층 전자밀도 관측 시스템 모식도 | 99 |
| 그림 3-10 | 전국에 설치된 GPS 수신기 분포도 | 100 |
| 그림 3-11 | Magnetogram 관측소 | 101 |
| 그림 3-12 | 지자기 관측 시스템 구성도 | 102 |
| 그림 3-13 | 전국에 설치된 각 기관별 지자기 관측기 | 103 |
| 그림 3-14 | IPS 관측으로부터 얻은 태양풍 속도지도 | 104 |
| 그림 3-15 | IPS 관측으로 계산한 g-value와 태양풍 속도지도 | 104 |
| 그림 3-16 | IPS 자료를 이용한 지구 근처에서의 태양풍 밀도와 속도 예측 | 105 |
| 그림 3-17 | IPS 안테나 수신신호 처리 개요도 | 105 |
| 그림 3-18 | 일본 Toyokawa 관측소에 설치한 신형 태양풍 관측기(IPS) | 106 |
| 그림 3-19 | 단파통신 실험 및 예보 | 107 |
| 그림 3-20 | 위성수신(온세통신) 장애현상(2000년) | 108 |
| 그림 3-21 | 우주전파환경 예보모델 개요 | 109 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 그림 3-22 | 현재 전파연구소에서 실시하는 단파대역 전파 예보 흐름도 | 119 |
| 그림 3-23 | 전파 경보 체계 | 119 |
| 그림 3-24 | 우주전파환경연구 협력체계 | 122 |
| 그림 4-1 | 전파연구소 보유 제주한림부지 도면 및 관측시설 배치 계획 | 124 |
| 그림 4-2 | 제주부지 위성사진 | 125 |
| 그림 4-3 | 건물 배치도 | 127 |
| 그림 4-4 | 건물 1층 평면도 | 128 |
| 그림 4-5 | 건물 2층 평면도 | 128 |
| 그림 4-6 | 건물 3층 평면도 | 129 |
| 그림 4-7 | 건물 4층 평면도 | 129 |
| 그림 4-8 | 건물 지하층 평면도 | 129 |
| 그림 4-9 | 지자기 측정기 | 131 |
| 그림 4-10 | 전리층 관측기 | 131 |
| 그림 4-11 | 전리층 전자밀도 관측기 | 132 |
| 그림 4-12 | 2.8GHz 태양전파 절대플럭스 관측기 | 132 |
| 그림 4-13 | 일본 나고야대학의 태양풍 관측기 | 133 |
| 그림 4-14 | 태양 흑점 관측기 | 133 |
| 그림 4-15 | 태양전파 스펙트럼 분석 시스템 | 134 |
| 그림 4-16 | ACE 위성 수신시스템 | 134 |
| 그림 4-17 | 현재 부지 이용 시 센터 및 관측 시설 종합 배치 계획 | 135 |
| 그림 4-18 | 민간부지 매입 시 종합 배치 계획 | 136 |
| 그림 4-19 | 우주전파환경연구센터 조직(안) | 139 |

붙임 목차

| | | |
|--------|--|-----|
| 붙임 1. | 자문위원회 개최 회의록 | 147 |
| | 붙임 1-1 1차 자문위원회 개최 회의록 | |
| | 붙임 1-2 2차 자문위원회 개최 회의록 (Workshop) | |
| | 붙임 1-3 3차 자문위원회 개최 회의록 | |
| 붙임 2. | 해외 관련기관 방문 보고서 | 162 |
| | 붙임 2-1 미국 및 캐나다 방문 보고서 | |
| | 붙임 2-2 스웨덴 및 호주 방문 보고서 | |
| 붙임 3. | 우주전파환경 변화에 기여하는 주요 요소 | 229 |
| 붙임 4. | 우주전파환경에 의한 구체적 피해사례 | 245 |
| 붙임 5. | 미국 SWPC 상세 수행업무 | 267 |
| 붙임 6. | 스웨덴 IRF 상세 수행업무 | 281 |
| 붙임 7. | 유럽 주요 연구소 상세 수행업무 | 287 |
| 붙임 8. | 호주 IPS의 상세 우주환경 예·경보 및 서비스 | 300 |
| 붙임 9. | SWPC에서 개발 및 진행계획 예보모델의 종류 | 327 |
| 붙임 10. | 일본 IPS(Inter-Planetary Scintillation) 시스템 .. | 338 |

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개요

“우주전파환경연구센터 구축을 위한 종합계획 수립에 관한연구”는 '08년 8월 방송통신위원회 전파연구소의 의뢰로 한국전자통신연구원 이 수행한 과제로 개요는 다음과 같다.

1. 연구목적

자료의 수집, 분석을 통하여 국내 우주전파환경연구센터의 목적 및 기능을 정의하고 센터 구축을 위한 시설, 조직, 운용 등에 대한 사전 조사, 분석을 수행함으로써 2009년 상반기로 계획된 실시 설계를 위한 기초 자료 및 관련 정보를 제공함.

2. 연구수행기간

2008년 8월 13일 ~ 2008년 11월 30일 (4개월)

3. 연구수행체계 및 추진전략

가. 수행체계



그림 1-1 연구수행체계

- 방송통신위원회 전파연구소는 용역수행의 기본방향과 요구사항을 제시와 용역예산 지원 및 사업 감독을 수행함.
- 한국전자통신연구원은 과제수행 주관연구기관으로 국내외 연구동향 및 기능과 시설자료 수집과 해외기관과 상호 협력관계 수립을 위한 대외협력 방안 수립을 통한 국내 우주전파환경연구센터 설립 벤치마킹 수행과 센터 설립 타당성 및 구축계획을 제안함.
- 산학연 전문가로 구성된 외부자문위원회는 한국전자통신연구원에서 수행하는 연구방향과 연구결과에 대한 검토 및 자문을 함.
- 국내전문가는 우주전파환경 관련 태양활동/지자기 활동 등 전문적인 기술자료 습득 및 국내 우주전파환경 연구 활동 확보를 수행함.

나. 주요 추진전략

- 국내 산학연 전문가로 구성된 자문위원회를 통한 국내 우주전파환경예보설립에 따른 기능, 역할 및 시설에 대한 공감대 확보
- 외국 전문기관 또는 센터와의 대외 협력창구 확보를 통한 국내외 기관간의 상호 협력 및 유대관계 수립
- 국내 산업체, 대학 및 연구기관 전문가와의 협력을 통한 국내 각 기관에서 수행 중인 연구 동향 및 전문적인 기술자료 확보로 국내 우주전파환경 연구 활동 동향을 파악함.

다. 추진 현황

(1) 자문위원회 구성

| 소속 | 직위 | 이름 | 전문분야 | 중점 검토 및 자문분야 |
|-------|----|-----|--------------|-----------------------------|
| KAIST | 교수 | 민경욱 | 태양플라즈마 분야 | 위원장, 센터설립의 타당성, 센터의 기능 및 역할 |
| 연세대 | 교수 | 김석환 | 우주환경 측정/분석분야 | 우주전파환경 연구의 개요 및 중요성 |
| 충남대 | 교수 | 김용하 | 태양계 천문학 | 대외 협력네트워크 강화 |
| 서울대 | 교수 | 박용선 | 전파천문학, | 우주전파 관측기술 역량 확보 |

| | | | | |
|------------|------|-----|-------------------------------------|---|
| | | | 천문관측기기 | (첨단관측기술 개발역량확보) |
| 경희대 | 교수 | 이동훈 | 태양풍, 행성 자기권의 상호작용, 우주환경 예보 기술 | 센터설립의 타당성, 센터의 기능 및 역할 우주전파환경 예보 모델링 및 선진화 |
| 전파연 | 연구원 | 배석희 | 이온층 및 전파 환경 분야 | 우주전파환경연구동향 및 문제점 |
| 천문연 | 그룹장 | 조경석 | 태양 및 우주환경 관측분야 | 우주전파환경 관측 인프라 확충 |
| ART | 사장 | 박광량 | 관측장비 및 센터구축 분야 | 센터의 설립 및 운영 |
| 세트렉 아이 | 소장 | 선종호 | 태양플라즈마 분야 우주방사능분야 우주환경관측위성 분야 | 우주전파 관측기술 역량 확보 (우주전파환경 관측위성 기술 개발) |
| SET system | 사장 | 김정훈 | 예보 프로그램 분야 | 우주전파환경 예보 모델링 및 선진화 |
| 하이게인 | 상무이사 | 이동진 | 관측장비 및 센터구축분야 | 센터의 설립 및 운영 |

※ ART : Advanced Radio Technology

※ SET : Space and Earth Technology

(2) 자문위원회 운영

| 구분 | 내용 | 일시 | 장소 | 비고 |
|----|------------------------|------------------|---------|------------------------------|
| 1차 | 연구기본방향 및 보고서 목차 검토, 확정 | 2008. 8.26. | ETRI | 붙임 1-1 1차 자문위원회 개최 회의록 참조 |
| 2차 | 중간연구결과 검토 (워크샵) | 2008. 10.29.~30. | 원주 오크밸리 | 붙임 1-2 2차 자문위원회 개최 회의록 참조 |
| 3차 | 최종연구결과 발표 | 2008. 11.25. | 전파연구소 | 붙임 1-3 3차 자문위원회 개최 회의록 참조 |



그림 1-2 2차 자문위원회(워크숍) 장면



그림 1-3 3차 자문위원회 장면

(3) 자문위원 활동내역

| 구분 | 자문위원 | 활동내역 | 비고 |
|------------|--|---|----|
| 전문가 활용 | <ul style="list-style-type: none"> - 조경석(천문연) - 김정훈(SET) - 민경욱(KAIST) - 이동훈(경희대) - 김석환(연세대) - 선종호(SI) - 이동진(하이게인) | <ul style="list-style-type: none"> - 우주환경의 정의 - 해외연구동향 - 타당성 검토 - 예보모델링 선진화 방안 - 센터의 기능 및 역할 - 관측위성개발 - 대외 협력 네트워크 | |
| 해외센터 방문 | <ul style="list-style-type: none"> - 김정훈(SET) - 선종호(SI) - 이동진(하이게인) | <ul style="list-style-type: none"> - 미국,캐나다 방문 - 스웨덴 방문 - 스웨덴, 호주 방문 | |

※ SI : SaTRec Initiative

비록 연구기간이 짧았지만 총 3차례의 자문위원회를 가졌으며 매번 대부분의 자문위원들이 참석하여 활발한 의견개진이 이루어졌다. 자문위원회에서의 자문 이외에도 자문위원들은 전문가로 초청, 활용되어 직접적인 연구에 참여하는 효과를 가지기도 했다. 또한 일부 자문위원들은 해외기관 방문에도 적극 참여하여 해외연구동향 파악에도 많은 역할을 하였다.

(4) 해외 관련 기관 방문

| | 1조 | 2조 | 3조 |
|------|---|---|---|
| 국명 | 미국, 캐나다 | 유럽(스웨덴) | 호주 |
| 기간 | 9/7(월)~9/12(금) | 10/1(수)~10/4(토) | 10/4(토)~10/10(목) |
| 방문자 | 2명 이병선(ETRI), 김정훈(SET) | 4명 정철오, 박재우(ETRI), 이동진(하이게인) | 3명 정철오, 박재우(ETRI), 이동진(하이게인) |
| 세부일정 | 9/7(일) 인천 --> Boulder 9/8(월) SWPC 방문 9/9(화) Boulder --> Canada 9/10(수) F10.7 station 방문 9/11(목)~12(금) Canada --> 인천 | 10/1(수) 인천 --> 코펜하겐 10/2(목) IRF Lund 방문 10/3(금)~10/4(토) 코펜하겐 --> 인천 | 10/4(토)~10/5(일) 인천 --> 시드니 10/6(월) IPS 방문 10/7(화) 시드니 --> Culgoora 10/8(수) Culgoora Obs 방문 10/9(목)~10/10(금) Culgoora --> 인천 |
| 중점사항 | Space Weather Prediction 및 대외협력관계 중심 | Space Weather Prediction 및 대외협력관계 중심 | Space Weather의 통신에 대한 영향을 중심으로 자료 수집 |
| 기타 | 붙임 2-1 해외기관(미국, 캐나다) 방문 결과보고서 참조 | 붙임 2-2 해외기관(스웨덴, 호주) 방문 결과보고서 참조 | 붙임 2-2 해외기관(스웨덴, 호주) 방문 결과보고서 참조 |

※ SWPC : Space Waether Prediction Center

※ IRF : Institutet for Rymdfysik

※ IPS : Ionospheric Prediction Center

4. 연구수행일정

| 연구내용 | 세부추진일정 | | | | 비고 |
|--|--------|----|-----|-----|------------------------|
| | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | |
| 1. 사업착수회의 | ■ | | | | 수행계획에 대한 발표 및 검토 |
| 2. 외부자문단 구성 및 1차 자문회의 (8/19) | ■ | | | | 연구방안 및 보고서 구성에 대한 검토 |
| 3. 센터의 역할/기능 연구 및 세부 추진과제 선정 | ■ | ■ | | | |
| 4. 국내외 현황조사 및 센터의 시설,예산 연구 | | ■ | ■ | | 국내제주부지방문 및 해외 관련 센터 방문 |
| 5. 중간연구결과 정리 및 2차 자문회의 (워크샵, 10/22~23) | | | ■ | | 중간연구결과 검토 및 수정/보완 |
| 6. 최종연구보고서 작성 | | | | ■ | |
| 7. 3차 자문회의 (11/25) | | | | ■ | 최종연구결과 검토 |
| 8. 최종연구보고서 수정 및 발간 | | | | ■ | |

제 2 절 우주전파환경의 개요 및 중요성

1. 우주전파환경 개요

흑점과 플레어(flare), 태양 물질 방출(Coronal Mass Ejection, CME), 전파 폭발(radio burst) 등의 태양 활동은 태양-지구 사이의 지구 근접 환경에 막대한 영향을 미친다. 자외선 및 X-ray 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 행성 간 공간에 이르는 우주공간을 통칭한다.

우주공간은 플라즈마로 채워진 공간이고, 플라즈마 공간의 물리적인 상태와 그 변화를 지배하는 요소인 복사 에너지, 고에너지 입자 및 자기장은 태양으로부터 나오며, 이런 요소들에 대해 지구 고층 대기, 지구 자기권, 행성 간 공간은 각각 독특하고도 복잡한 방식으로 반응하게 된다. 태양으로부터 나오는 막대한 복사 및 입자 에너지는 행성의 자기권, 전리층 및 고층 대기에 수시로 심각한 물리·화학적 변화를 초래하기 때문에 이들 에너지와 밀접한 관련이 있는 흑점, 플레어, 홍염, 코로나 등의 태양 활동들에 대한 연구는 태양계 내 행성들의 우주환경에 있어서 중요한 정보를 제공할 수 있다.

행성의 자기권은 태양풍의 섭동에 따른 영향을 제일 먼저 받게 되고, 지구의 전리층 및 고층 대기는 주로 태양의 자외선 및 극자외선에 민감하게 영향을 받는다. 지구의 전리층은 일차적으로 태양의 자외선이 고층 대기 분자 및 원자들을 이온화시켜 생성되고, 생성된 이온들은 대기 중의 다른 성분들과 화학 반응을 하고 물리적 이동 과정을 통해 소멸된다. 섭동된 고층대기는 다시 전리층의 구조를 변화시키므로, 전리층과 고층대기는 상호작용을 하며 태양 자외선의 변화에 반응하는 복합계를 이룬다. 때때로 강력한 태양풍 플라즈마는 지구 자기권에 스며들어, 자기권에서 고에너지 입자로 가속되어 극지방의 고층 대기로

진입하여 오로라 현상과 함께 극지방의 전리층을 교란시키기도 한다.

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 송전시설에 영향을 미쳐 약 20,000 Megawatt의 전력선 손실 사건이 발생하였다. 이로 인하여 수백만 주민에게 전력공급의 차질을 야기한 바 있다.

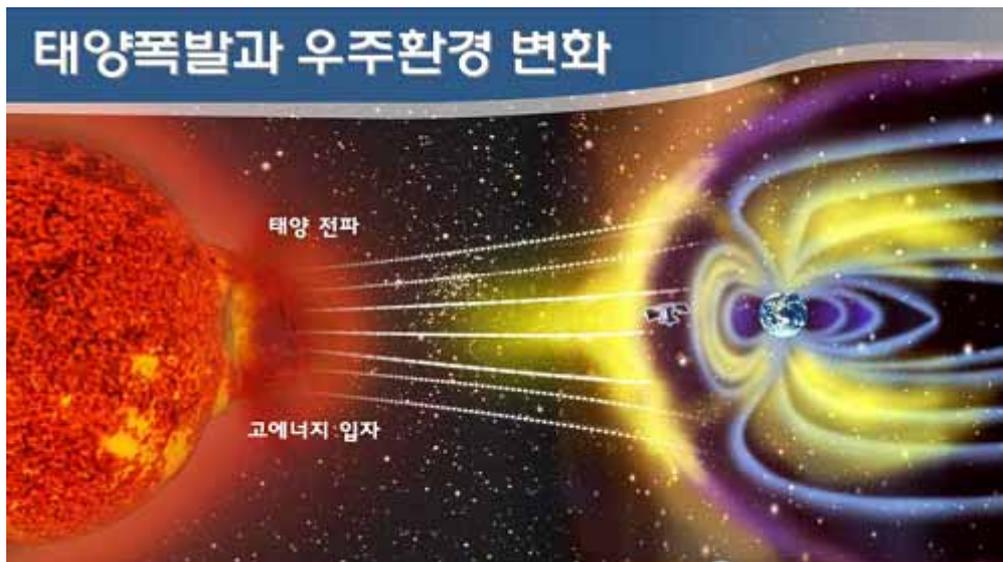


그림 1-4 태양 지구간 상호 영향

자기폭풍의 시작으로부터 송전시설의 마비까지 약 90초가 소요되었을 뿐이다. 뿐만 아니라 HF영역의 주파수대는 전 세계적으로 거의 사용불능상태가 되었다. 반면 VHF방송은 비정상적으로 멀리 전파되기도 하였고, 또한 심한 간섭현상이 유발되기도 했다. 1997년 1월 6일 및 11일에 발생한 대규모의 태양 물질 방출 현상으로 인해 정지궤도상을 운행하던 미국 AT&T사의 통신위성 Telstar 401호의 회로단절이 발생해서 수명이 9년이나 단축되는 바람에 2억 달러의 손실이 발생했다. 2003년에는 일본 통신위성과 지상간의 통신두절 사태가 발생하였는데 그 원

인으로 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.

우주환경예보(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 우주환경의 변화와 밀접한 관련을 가지게 되었다. 따라서 우주 전파 환경 예보는 위에서 언급한 분야의 시스템이 우주환경의 급격한 변화에 의해 손상됨으로써 발생하는 경제적 손실을 방지 또는 최소화하는 역할을 한다.



그림 1-5 태양활동이 지구에 미치는 영향

이 분야를 주도하고 있는 미국은 우주환경이 위성 및 지상의 정밀 기기에 미치는 부정적인 영향으로 인한 경제적 손실을 줄이기 위하여 1970년대부터 국가 차원에서 우주환경예보 자료를 공급해 오고 있으며 민·관·군의 연구소에서 활발하게 연구를 진행해오고 있다. 또한 EU, 일본, 호주 등에서도 우주환경예보의 경제·사회적인 가치를 인식하여 자국의 기간산업 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(천문연구원, 전파 연구소 등)이 우주환경예보의 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 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, 우주전파환경 관련 연구 및 예·경보 서비스의 개발은 점차 우리 실생활에 미칠 영향을 생각하면 필수 불가결한 것이라 할 수 있다.

태양복사는 전 스펙트럼 영역에서 무선통신·방송 주파수 등과 동일한 전자파를 방출하기 때문에 전파 간섭요인으로 작용할 뿐만 아니라 적외선, 자외선, X선 등의 전자파 방출로 인해 인체에 유해한 원인으로 작용할 수 있다. 특히 고에너지 입자는 그 고유의 전도 특성으로 인해 위성기기의 오동작, 전리층 이온변화 등을 일으킬 수 있다.

태양활동이 GPS 전파에 미치는 과정으로 전리층은 해발 고도 100~1,000km에서 이온층인 플라즈마로 구성되고, 도플러 효과로 인한 플라즈마의 흐름(약 100m/s)의 shift 발생(수 Hz), 전자밀도 변화로 인한 산란파, 신틸레이션 및 감쇠 등이 발생하여 신호의 오차로 작용하기 때문에 현재 사용 중인 각종 항법장치의 위치오차, 시간오차 발생으로 인해 사고로 이어질 수 있다. (그림 1-6)은 GPS 신호 수신시 신호레벨

이 일정하게 유지하지 않고 시간에 따라 변화하는 과정을 보여주고 있는데 이러한 현상은 변화하는 태양활동이 전리층 변화를 야기하고 이로 인해 전리층을 통과하는 GPS 신호가 이온층과 부딪쳐 산란파를 발생, 산란파는 직접파와의 위상지연, 진폭감소 등을 유발해 BER 감소 원인으로 작용한다. 통상 링크 설계 시 여유 마진을 가지고 있지만 전송구간에 심각한 신호왜곡이 있으면 여유 마진을 초과하여 GPS 수신정보를 정확히 복원할 수 없으므로 수초에서 수분동안 항법장치로서 기능을 제대로 수행할 수 없게 된다.

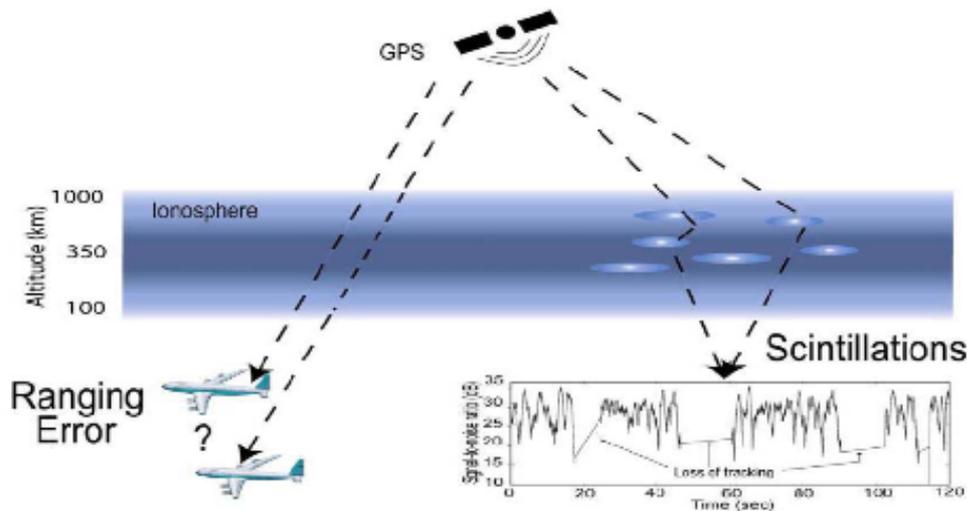


그림 1-6 GPS 수신신호의 에러발생 예시

보다 상세한 우주전파 환경 변화에 기여하는 주요요소는 불임 3.에 자세하게 기술하였다.

2. 우주전파환경 영향 및 피해사례

가. 우주전파환경의 영향

(1) 우주전파환경의 포괄적 영향

(가) 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. 태양 흑점의 수가 절정을 이뤘고, 태양 표면의 폭발 활동도 극에 달했다. 태양으로부터 쏟아져 나온 에너지는 우주공간으로 퍼져나갔고, 지구에도 도달했다. 거대한 자석 덩어리인 지구는 몰려드는 전자와 양성자를 끌어들이므로써 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.

(나) 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.

(다) 항법시스템

LORAN이나 OMEGA같은 항법시스템은 태양활동에 의해 영향을 받는다. 전 세계를 관장하는 8개의 송신기로 구성된 OMEGA 시스템은 저주파신호를 이용하여 선박이나 항공기의 위치를 알려준다. 그러나 태양표면 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.

(라) 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 인해 인공위성의 각 부위별 대전 정도가 달라지면 방전현상이 일어나고 인공위성 내부로 전류가 흘러 부품을 손상시키기도 한다. 그 외 주로 고에너지 전자들은 인공위성을 투과하여 내부 부품을 대전시킨다. 충분히 대전된 부품은 다른 부품을 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 1-1 궤도에 따른 우주환경의 특징

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

표 1-2 (a) 우주전파환경변화가 위성체에 미치는 영향

| 위성체(S/C) 서비스시스템 | 중성대기입자의 열권 | 열환경 | 플라즈마 | 유성체와 우주폐기물 |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|--|
| 전자장비 (avionics) | - | 열적인 설계 고려 | 위성체(S/C)대전 및 아크 EMI에 의한 Upset | 충격에 의한 전자과환경간섭 (EMI) |
| 전력 | 태양전지판 성능 저하 | 전력분배, 전력 시스템 성능 및 태양전지판 설계 고려 | 부동전위 이동, 전류 감소, 오염물질의 재 흡착 | 태양전지에 피해 |
| GN&C/ 포인터 | 전체적인 GN&C/ 포인팅 시스템 설계 고려 | - | 유도전위에 의한 토크 | 충돌무시 |
| 재질 (materials) | 재질 선택 고려, 자질성질 저하 | 재질 선택고려 | 아크, sputtering, 오염물질 등 표면 특성에 영향을 줌 | 표면광학특성저하 |
| 광학 (optics) | S/C glow, 센서 간섭 | 광학설계영향 | 오염물질의 재흡착, 표면광학특성변화 | 표면광학특성저하 |
| 추진체 (propulsion) | drag 구조/견인제작/ 필요한 연료 | - | 플라즈마와 접촉에 의해 생성된 thruster발진에 의한 부동전위를 높임 | 충돌무시, 부가적 차폐에 의한 연료 요구 증가와 압력 탱크의 파열 |
| 구조 (Structures) | - | 열에 민감한 표면의 지역적 영향, 열에 의한 유도진동 발생 | S/ C 대전효과에 의한 구조적 크기에 영향 아크, sputtering 으로부터의 질량감소 | 전체 S/C 하중과 우주비행사 생존을 위한 구조적 피해, 차폐 설계 고려 |
| TT&C | 추적에러 가능. 추적손실 가능 | - | 아크에 의한 전자과간섭(EMI) | 충돌에 의한 EMI |
| 열제어 (Thermal Control) | 대기권에 재 진입시 부하에 대한 고려. 원자 산소로 인한 가열, 표면저하 | 수동적, 능동적 열제어계 설계, 방사체 크기, 어는점 고려 | 오염원 흡입, 흡수율/방사특성의 변화 | 열/광학특성 변화 |
| 우주비행임무 (mission operation) | 적절한 재발사시 및 S/C 수명 판단에 고려 | 임무의 계획과 순차적인 임무에 영향 | - | 우주비행사 생존고려 |

표 1-2 (b) 우주전파환경변화가 위성체에 미치는 영향

| 위성체(S/C) 서비스시스템 | 태양환경 | 이온화된 방사 | 자기장 | 중력장 | 중간권 |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 전자장비 (avionics) | 열적인 설계 고려 | 장비기능저하: SEU, bit에러, bit교환 | 유도된 전위 영향 | - | - |
| 전력 | 태양전지판 설계, 전력배분 | 태양전기출력 감소 | 유도된 전위 영향 | - | - |
| GN&C/포인터 | 밀도와 drag 영향, 중성 대기 입자유도, 중력 토크력 유발 | - | 자기토크의 크기 고려 | 안정성, 제어, 중력 토크에 영향 | 재진입에 의한 GN&C영향 |
| 재질 (materials) | 태양 UV 노출에 대한 재질선택 | 재질의 퇴화 | - | - | 대기상호작용에 의한 재질퇴화 |
| 광학 (optics) | 광학설계를 위한 자료 필요 | 우주선 창 및 광학계에 darking | - | - | - |
| 추진체 (propulsion) | 밀도와 drag 영향 | - | - | 연료소비율 영향 | - |
| 구조 (Structures) | 열적 민감 구조의 위치 영향 | - | 큰 구조에서의 전류 유도가 고려 | 추진체 소요 예산 증가 | 구조적 설계 |
| TT&C | 추적정확도, 밀도와 흡입 영향 | - | SAA 영향 | 추적에러 포함 | - |
| 열제어 (Thermal Control) | 대기권 재진입에 따른 열 부하/ 가열 영향 | - | - | - | - |
| 우주비행임무 (mission operation) | 임무 스케줄, 무게획 | 우주 비행사의 생존 | - | - | - |

(마) 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. 반면 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 물리 탐사팀은 조사계획을 수립할 때 지자기 예보를 활용한다.

(바) 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.

(사) 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.

표 1-3 우주전파환경변화에 의해 영향을 받는 분야

| 우주전파환경변화에 의한 장애 대상 | 태양-지구계의 제현상 | | | |
|---|-------------|---------|--------------|--------|
| | 지자기 활동 | 태양전파 간섭 | 고에너지 태양입자 복사 | 태양 제현상 |
| 위성운용(Satellite operations) | | | | |
| - 궤도변화 | ◆ | | | |
| - 조정 및 조절 이상 현상 | ◆ | ◆ | ◆ | |
| - 지상-위성 통신 장애 | ◆ | ◆ | | |
| 비행체(Aviation) | | | | |
| - 중위도 교신(VHF) | | ◆ | | |
| - 고위도 교신(HF) | ◆ | | | |
| - 항행술(Navigation) | ◆ | | ◆ | |
| 고위도에서의 초고 비행 | | | ◆ | |
| 장거리 전기 전력망 | ◆ | | ◆ | |
| 장거리 전화 통신망 | ◆ | | | |
| HF 통신 | ◆ | | ◆ | |
| 파이프 시설(송유관, 가스관 등) | ◆ | | | |
| 지구물리탐사 | ◆ | | | |
| 과학위성(서틀, 우주실험실, 태양물리, 오존변화, 행성 간 공간 위성) | ◆ | | ◆ | ◆ |
| 과학로켓(자기권, 전리층, 고층대기) | ◆ | | ◆ | ◆ |
| 지상실험(태양, 자기권 및 전리층, 고층대기 및 성층권, 대류권, 지자기, 지진 등) | ◆ | | ◆ | ◆ |

(2) 우주전파환경의 변화가 통신에 미치는 영향

(가) 전파의 종류에 따른 우주환경의 영향

전자기파는 공간을 통해 전달되므로 합리적으로 이용하지 않으면 유해한 혼선이나 장애가 발생할 우려가 있으므로 전파(주파수가 3000GHz 이하인 전자기파)의 이용방법은 국제적으로 국제전기통신조약 및 무선통신규칙에 정해져 있다. 한국에서도 이를 받아들여 전파법을 바탕으로 정보통신부 전파관리국이 전파를 이용할 때의 주파수를 할당

한다.

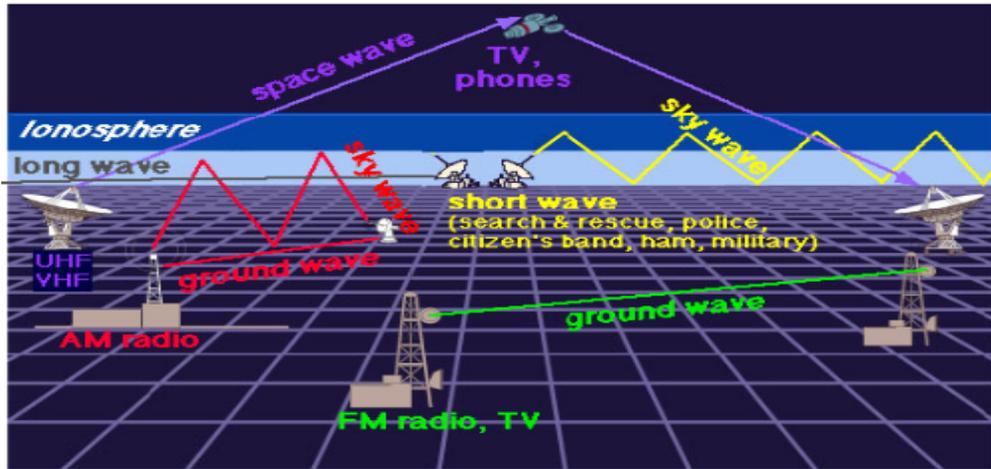


그림 1-7 전파의 종류와 이동 경로

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

○ 초장파와 장파

| | |
|------|---|
| 전파대역 | 주파수 : 150 ~ 300kHz 파장 : 1000 ~ 2000m |
| 이용 | 항해와 군사교신 |
| 파동경로 | 지상파는 지구 표면의 수천 km 주위에서 곡선을 그린다. |

| | |
|----------|--|
| 우주환경의 영향 | D층과 E층으로 불리는 이온층의 가장 하부지역이 교란되었을 때 신호는 감소한다. 태양의 X-ray, 자기 폭풍, 전자강하현상, 전리층폭풍, 그리고 극관 흡수현상(PCA)에 의해 영향. |
|----------|--|

○ 중파

| | |
|----------|--|
| 전파대역 | 주파수 : 525 ~ 1700kHz 파장 : 180 ~ 570m |
| 이용 | AM 라디오 (535 ~ 1605MHz) |
| 파동경로 | 공중파와 지상파 모두 생긴다. 지형이나 나무, 건물 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 옅어지는 밤에 신호가 강해진다. 전리층에서의 폭풍이나 태양 플레어 X-ray, 그리고 태양 프로톤 등에 의한 저고도 전리층 현상은 공중파를 감소시킨다. AM 라디오는 보통 지상파에 주로 의존하기 때문에 우주환경 현상에 의해 영향 받지 않는다. |

○ 단파

| | |
|------|--|
| 전파대역 | 주파수 : 2300 ~ 26,100kHz 파장 : 11 ~ 130m |
| 이용 | 지역적 또는 국제적 아마추어 무선, 해상 또는 지상 운송 수단, 지점 대 지점 통신, 경찰의 탐색과 구조, 그리고 택시 무선 호출 |

| | |
|----------|---|
| 과동경로 | 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 | <ul style="list-style-type: none"> - 태양 플레어 폭발과 동시에 지구의 낮 지역에서 큰 통신 교란이 일어난다. 이것은 전리층의 D층이 플레어와 관련되어 증가된 X선과 자외선에 의해 낮지역에서 발생된 이온화와 관련 있다. 이온화된 D층은 단파를 흡수하는데, 이러한 현상을 단파감쇄라 하며 수분에서 수 시간동안 지속된다. - 태양 활동 후 수 시간에서 수 일이 지나서 지구에 도착하는 태양 프로톤은 극지방으로 침투하여 HF 통신을 완전히 단절시키기도 한다. 이러한 현상은 극관 흡수 현상(PCAs)이라 부르는데, 플레어의 규모에 따라 수 일간 계속되기도 한다. - 전리층 폭풍 또한 태양활동에 의해 발생한다. 이러한 전리층 폭풍은 지역과 시간에 따라 전리층의 전자밀도를 증가시키거나 감소시킨다. 전자밀도의 감소는 단파통신에 심각한 문제를 발생시킨다. - 위성-지상 통신 : 신호의 상태는 수신신호의 위상과 진폭의 변동을 유발하며, 전리층의 불균일성에 의해 영향을 받는다. |

○ 초단파

| | |
|------|---|
| 전파대역 | 주파수 : 30 ~ 300MHz |
| 이용 | TV (54 ~ 88MHz, 174 ~ 216MHz) FM 라디오 (88 ~ 108MHz) |
| 과동경로 | 일반적으로 송신기의 성능에 따라 ~100 km까지의 범위 |

| | |
|----------|--|
| | 를 갖는 시선방향 송신이 사용된다. 이 주파수는 전리층을 통과하며 위성에 의해 재송신 되어 원거리 수신기까지 연결될 수 있다. 전리층의 상태에는 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. |

○ 극초단파

| | |
|----------|--|
| 전파대역 | 주파수 : 30 ~ 3000MHz |
| 이용 | TV (채널 14 ~ 69까지) 비행기와 선박의 항해 경찰의 비상 통신 |
| 파동경로 | 80 km까지의 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. |

(나) 태양활동에 의한 전파장애

○ 태양플레어에 의한 단파장 감쇄

태양플레어 발생 후 수 분 이내에 자외선과 X선이 지구의 낮 지역을 강타한다. 이 고에너지 복사는 대기입자에 의해 흡수되고 입자의 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 페이드 아웃(Short Wave Fadeout, SWF)이라 한다.

○ 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.

(다) 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 D, E, F1, F2층으로 나눌 수 있다. 이온화를 일으키는 주원인은 태양으로부터 방출되는 자외선과 X선과 같은 전자기 복사이다. 전리층의 변화 현상은 일일, 계절, 위도, 태양활동 주기에 따른 변화 등 크게 네 가지로 나눌 수 있다. 일일변화는 전리층 생성의 주요한 원인인 태양 복사의 존재 유무에 따라서 밤과 낮의 전자 밀도가 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 활동주기에 따라서 foF2 측정값이 2배 이상 차이가 나기도 한다. 특히 태양활동 주기 변화에 있어서 foF2 값의 변화를 가지고 예측이 가능할 정도로 태양 활동과 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 항

법시스템의 신호와 지상 통신에 영향을 미친다. 전리층의 갑작스런 교란을 의미하는 Sudden Ionospheric Disturbance (SID)는 태양의 플레어가 발생할 때 수반되는 X-ray 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

나. 우주전파 환경에 의한 피해

태양 플레어가 폭발하는 순간 방출되는 물질은 1천만℃까지 가열되며, 이처럼 높은 온도에서는 엄청나게 많은 X-ray와 자외선 복사가 방출된다. 태양 플레어 현상이 새삼 중요하게 떠오르고 있는 것은 바로 이 X-ray와 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 2,200K로 정상시의 값인 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 대규모 자기 폭풍도 지구에 심각한 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 Minneapolis 시의 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 인

해 미국, 일본, 캐나다 등 여러 국가의 위성 기능이 일부 파손됐고, 캐나다의 송신시설에 이상이 생겨 2만 MW의 전력이 손실됐던 일도 있다.

보다 상세한 우주전파환경에 의한 구체적인 피해사례는 붙임 4.에 자세하게 기술하였다.

3. 우주전파환경연구의 중요성

앞서 살펴본 바와 같이 지구 이온층, 고층대기, 자기권 등의 근지구환경은 태양의 활동 정도에 따라 매우 민감하게 반응한다. 또한 최근 인류의 활동 영역이 우주공간으로 확대됨에 따라 우주 공간상에는 수많은 과학·통신·군사위성들, 그리고 향후 건설될 우주정거장에 이르기까지 많은 위성 및 그에 탑재된 장비들이 운용되고 있고 또 운용될 예정이다.

태양활동에 따라 급변하는 우주전파환경에 의해 우주상에서 운용되고 있는 수많은 위성들이 심각한 문제가 생길 수 있고, 지구의 이온층, 고층대기 및 자기권의 요동으로 각종 통신과 지상의 시설물 그리고 인간의 생활에 까지 심각한 피해가 생길 수 있다는 사실은 이미 그 사례들을 충분히 접해 왔다. 특히 기존의 유선통신 시대에는 태양폭발에 따른 피해가 크지 않았으나, 태양전파가 전 주파수 대역에 걸쳐 발생하기 때문에 방송, 이동통신, 소출력 무선통신 등의 분야에 모두 영향을 미치고, 최근의 유비쿼터스 환경에서는 사회전반에 걸쳐 미치는 파급영향이 막대할 것으로 예상된다.

이러한 인간의 생활 및 우주관련 장비에 심각한 경제적, 사회적 손실을 가져올 수 있는 우주전파환경으로부터 피해를 최소화하기 위해서는 국가적 차원에서 태양활동 및 근지구환경의 변화를 관측·연구하여 우주전파환경에 대한 이해를 높이고 우주전파환경의 갑작스러운 변화에 기인된 피해를 최소화할 수 있는 조치를 강구할 수 있는 방안이 요구되고 있다.

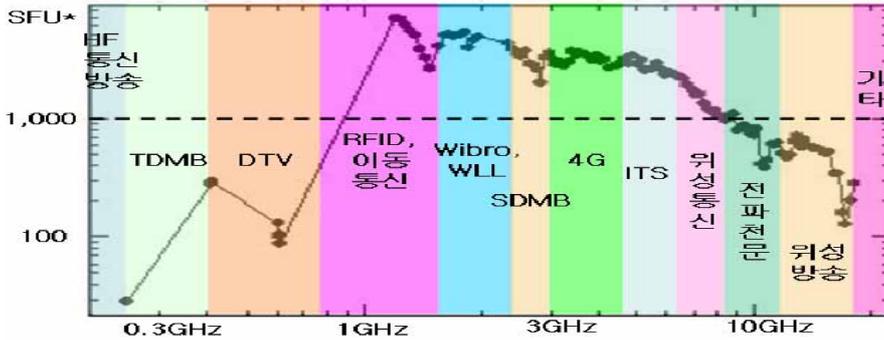


그림 1-8 태양폭발로 발생하는 태양전파의 스펙트럼 분포

※ 2000년 태양활동 극대기시 뉴저지 공과대학에서 관측한 자료('00.6월)

- 태양폭발시마다 태양전파의 스펙트럼 분포는 상이하게 발생
- SFU(Solar Flux Unit)는 단위면적/시간당 유입되는 태양전파의 양으로 통상 1000 SFU 이상일 경우 이동통신 두절 등 서비스 장애가 발생하는 것으로 최근 보고

제 3 절 우주전파환경 예보서비스 현황

1. 해외 현황

1-1. 미국 SWPC(Space Weather Prediction Center)

미국은 현재 우주개발과 군사 전략의 일환으로 범정부차원에서 세계 최고 수준의 우주전파환경 관측 인프라를 구축하여 운영 중에 있다. 우주전파환경 관측은 콜로라도주 볼더에 위치한 미국 국립해양대기청 산하의 미국 우주기상 예보센터(SWPC)에서 수행되고 있다. 미국 내의 8개의 국립 환경예보센터 중의 하나로 2007년 10월1일 SEC (Space Environment Center)에서 명칭이 변경된 SWPC는 우주기상으로 인한 사람과 시설 및 장비에 영향을 미칠 수 있는 장애요소에 대비해 경계경보와 주의보를 발령하는 미국의 공식적인 우주전파환경 정부 기구이며 세계최고 수준의 예보서비스 기술력을 보유하고 있다.

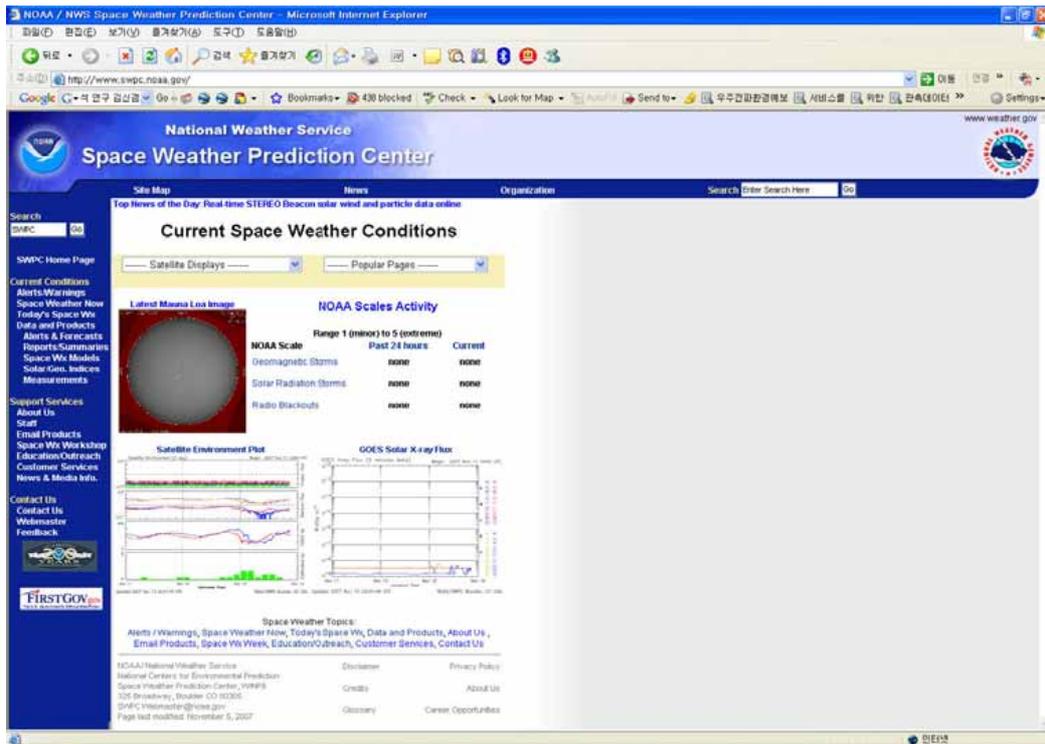


그림 1-9 SWPC의 홈페이지 메인화면

가. 개요

SWPC는 미 상무성 소속 국립해양대기청(NOAA, National Oceanic & Atmospheric Administration)의 산하 특별 기관 중 하나로 1945년에 SEC(Space Environment Center)로 설립되었다가 2007년도에 SWPC (Space Weather Prediction Center)로 변경되어 우주환경과 관련된 관측 자료 분석 및 예·경보 등을 담당하는 국가 기관이다.

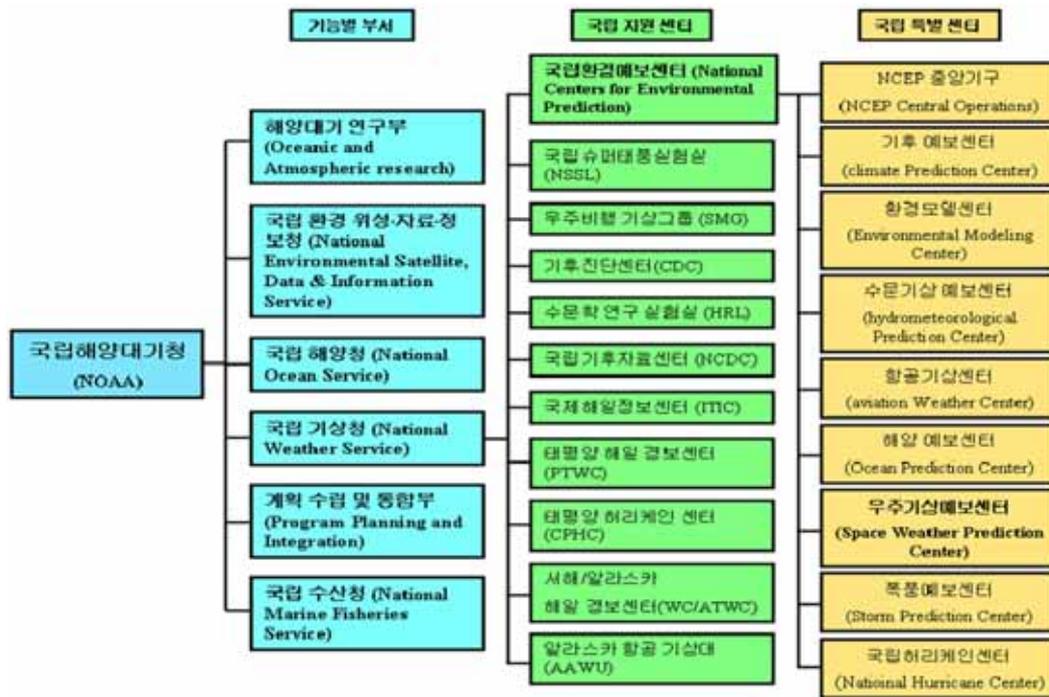


그림 1-10 미국 국립해양대기청(NOAA) 조직도

(1) SWPC 임무

- 관측자료 수집, 분석 및 예·경보를 위한 우주환경 업무
- 국제 자료교환 및 협력을 위한 데이터베이스 시스템 운영
- 태양활동의 물리적 이론 및 모델을 위한 우주환경에 대한 연구
- 미국 NASA, 일본 NICT 등과의 협의체 구성 등 국제 활동

(2) 세부 조직 및 임무

- 2개 분소(기술정책지원국(15명), 우주기상서비스국(52명))
- 우주기상서비스국에 3개과(우주기상예보과, 개발과, 연구과)와 1개 공동 연구소로 구성
 - 기술정책지원국 : 행정업무지원
 - 우주기상서비스국 : 우주기상 예보서비스 총괄

- 우주기상예보과 : 우주기상 예보서비스 실시
- 연구과 : 우주기상 정보 수요기관의 요구사항 분석, 예보모델 시험운용
- 공동연구소 : 지구주변의 환경변화 중요성 홍보 및 지구환경 연구관련 총괄 관리

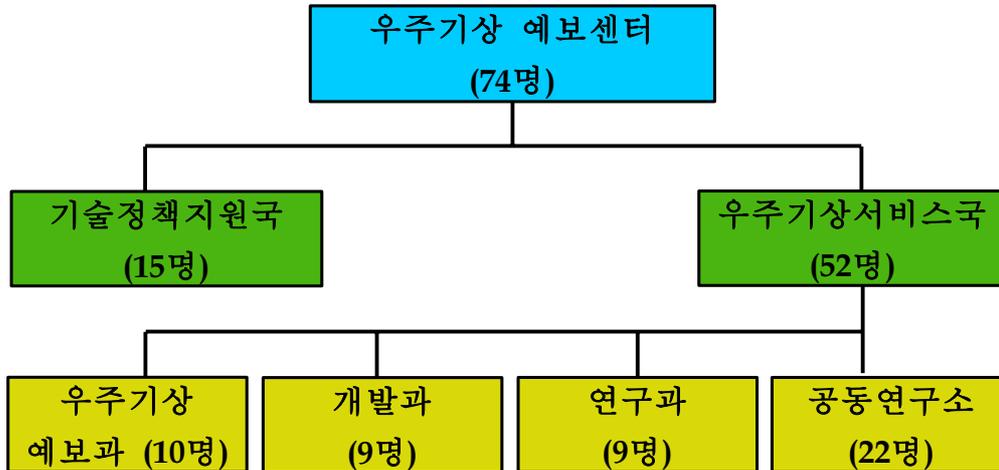


그림 1-11 우주기상 예보센터(SWPC) 조직도

(3) 연구인력 : 74명

- 우주기상예보센터에 74명이 근무하고 있으며, 상위기관인 국립해양대기청(NOAA)에 1000여명 정도가 근무
- 공군, 항공우주국(NASA, National Aeronautics and Space Administration) 등과 범 정부차원의 우주환경연구 수행

(4) 연혁

- 1945 : 우주기상서비스를 제공하는 우주환경센터(SEC) 발족
- 1946 : 일일예보 시작
- 1970 : 현 NOAA 기관에 합병
- 2007 : 우주기상예보센터(SWPC)로 명칭 변경

(5) SWPC 주요 기능 및 업무

- 주요 기능
 - NOAA와 미공군에 의해 공동 운용
 - 우주전파 환경 관측과 지구환경에 대한 지속적인 감시와 예측
 - 국립지구물리 자료센터(NGDC : National Geophysical Data Center), 미공군, 그리고 항공우주국(NASA) 등과 공동 연구
 - 전 세계에 걸쳐 설치 운용되고 있는 각국의 관측소로부터 관측 자료와 결과를 상호 교환 및 공유를 통한 우주전파환경의 실시간 감시
- 주요 업무(SWPC의 상세한 주요업무는 붙임 5. 참조)
 - 우주기상 예보(미 공군과 공동으로 운영)
 - 태양, 지구물리 사건을 실시간 감시·연구·예보
 - 우주전파환경예보 (Space Weather Forecast) : 태양활동 요약, 코로나, 태양활동영역, 플레어확률 보고, 태양활동 사건 정리
 - 자료 수집 및 분석
 - 세계 각처에서 관측된 태양영상 수집, SOHO 위성 및 YOHKOH 위성의 태양 관측 자료 수집
 - 우주전파환경모니터(SEM : Space Environment Monitor)가 탑재된 극궤도 기상위성 TIROS/NOAA로부터 지상 80km 상공의 고층대기자료 실시간 수집 및 분석
 - 1974년부터 X선 센서(XRS), 입자센서(EPS), 자력계 등이 탑재된 정지궤도 기상위성인 GOES (Geosynchronous Operational Environmental Satellite)를 이용한 우주전파환경의 실시간 감시
 - NOAA 및 산하 국립지구물리 자료센터와의 관측자료 교환
 - 태양-지구 물리, 해양물리, 지구물리 등 지구환경정보 수집 및 배부
 - 전세계 자료센터 (WDC : World Data Center)운영
 - 미 우주항공개발국(NASA)과의 관측자료 분석 및 공동연구 (Goddard Space Flight Center)
 - 태양자료 분석센터(SDAC : Solar Data Analysis Center)에서 SOHO 위성 등 위성측정자료 분석
 - 우주전파환경 Network을 구축, 우주전파환경관련 모델 제공

- 대기, 자기권, 방사권대, 태양활동, 우주폐기물, 궤도 역학 등 연구
- GOES, WIND, ACE, STEREO 등 태양활동 감시위성과 전 세계 우주전파관측센터의 지상관측시설을 이용한 우주전파환경의 실시간 모니터링

나. SWPC 동향

(1) 우주기상예보모델 개발

우주기상예보센터 자체적으로 모델을 개발 하지 않으며. 우주환경 관련 학계 및 연구기관에서 개발된 예보모델 중에서 채택하여 검증 후 사용.

(2) 우주기상예보센터 예보모델 채택 절차

- 예보서비스 수요자가 분야별 예보서비스 결정.
- 학계와 연구소에서 모델개발 및 개선연구 수행.
- 우주기상예보센터가 Test-bed에서 모델운용 시험한 후 예보모델로 채택.
- 즉, 우주기상예보센터는 대학이나 연구소의 연구결과 중 현업에 적용 가능한 모델을 중심으로 현업화 하는 것이 주요 업무이고, 이에 필요한 전산 시스템도 다른 연구소의 장비를 이용 중임.

(3) 우주기상모델 개선

우주기상예보센터가 현재 직접 모델개발·개선을 위한 예산을 확보하지 않고 있으나, 향후 모델개발 및 개선연구를 우주기상예보센터에서 수행할 계획임.

(4) 위기관리 체계

- 미국의 경우 우주전파환경 예·경보 발령 시 위기관리에 대해 현재 법률적인 구속이 없음. 그러나 항공분야에 대해서는 가까운 시기에 우주환경이 법률적인 구속력을 가질 수 있음.
- 우주환경의 변화로 인해 통신이 두절될 경우 항공법을 위반하는 결과를 초래 하므로 항공사들과 우주환경 경보 제공 등의 활동을 활발하게 진행 중임.
- Cross Polar Working Group을 중심으로 극궤도 운항 항공사들과 우주환경전문가들이 모여 현실적인 대처법 논의 중(대한항공은 현재 미 참여).



그림 1-12 우주환경 예보실 내부구조

1-2. 스웨덴 IRF(Institut for RymdFysik)

스웨덴 우주물리 연구소 (Swedish Institute of Space Physics)인 IRF (Institut for Rymdfysik)는 스웨덴 왕립 과학아카데미 산하 소속의 정부 출연연구소로서 직원들은 모두 공무원 신분이다.

가. 개요

(1) 조직

- 지구의 상층대기, 이온층 그리고 행성의 자기권에 대한 현상을 전문적으로 연구하며, 키루나(Kiruna)에 본부를 두고 우메아, 읍살라 및 룬드(Lund)에 연구그룹으로 구성됨.
- 연구비는 스웨덴 정부로부터 전체 연구비의 약 50%의 직접출연을 받으며, 국가 연구위원회, ESA(5~10%), EU 등으로부터 나머지를 연구비가 지원되고 있음.



그림 1-13 IRF 홈페이지 메인화면

(2) 연구인력 : 104명

- 우주물리 연구소 인력은 총 104명으로 키루나 본부에 67명, 룬드 5명, 우메아 7명 그리고 읍살라에 25명이 근무하고 있으며, 그 중 37명이 박사학위를 가진 과학자들로 다양한 우주환경 관측기기를 자체 개발하고 있음.

(3) 연혁

- 1957년 : 스웨덴 왕립 과학아카데미 산하 키루나 지구물리 관측

소(KGO)로 시작.

- 1973년 : 키루나 지구물리 연구소(KGI)로서 정부출연연구소로 독립
- 1987년 : 스웨덴 우주물리연구소(IRF)로 확대개편



그림 1-14 스웨덴 우주물리 연구소의 구성

(4) IRF 주요기능 및 임무 (IRF의 상세 수행 업무는 붙임 6. 참조)

- 이온층 관측, 지구자기장 관측, 오로라 광학관측 및 전파 관측을 위하여 Kiruna 관측소를 비롯하여 Lycksele 관측소, Uppsala 관측소 등에 Magne-tometer, Riometer, All-Sky Camera, Ionosonde, MST radar 등을 설치·운용하며 정기적인 관측을 함과 동시에 Astrid 및 Freja 위성의 자료도 수신 및 분석 수행.
- 룬드 그룹은 자체개발한 시스템을 사용하여 Space Weather에 대한 모델링과 예보를 수행하며, 우메아 그룹은 대기에서의 infra sound 전파를 연구하고 읍살라 그룹은 읍살라 대학과 함께 Space Plasma에 대한 이론적인 연구를 수행.

나. IRF 동향

(1) 예보 프로그램의 개발

- IRF는 아래와 같은 이유로 scratch 모델 (초기부터 직접 개발하는 모델)로부터 예보 프로그램을 개발하고 있음.
 - 기 개발된 상용 예보 프로그램을 사용하게 되는 경우 예보 모델의 업그레이드와 유지보수 어려움.
 - 세계 각국의 관측소로부터 접수되는 입력 데이터의 사용이 용이함.
- 스웨덴은 자체 개발된 예보 프로그램의 검증 후 우주전파환경 예·경보에 활용하고 있음.



그림 1-15 스웨덴 IRF의 예보 시스템

(2) 위기 관리 체계

- 스웨덴의 경우 우주전파환경 예경보 발령 시 위기관리에 대한 법률적 구속이 없으며, 수요기관의 자발적인 조치에 의해 관리되고 있음.
- EU 등에서 위기관리를 위한 규제 작업 움직임이 있으나, 정부차원의 규제를 위한 구체적인 법제화는 현재까지 없으며, 일부에서

Cosmic Ray에 대한 DOSE를 바탕으로 비행규제는 시작하고 있음.

- 대부분의 규정들은 EU에서 관리하므로 개별 국가들은 자체 위기 관리체계를 운영하지 않음.

1-3. 유럽 ESA (European Space Agency)

1975년에 설립되어 프랑스 파리에 본부를 두고 있는 유럽 우주청(ESA)은 EU통합과 함께 우주환경 분야에서도 국가 단위보다는 EU 전체로 활동을 하고 있다. 특히 우주환경 자료 및 정보들이 미국 주도 하에 움직이는 것에 반하여 독자적인 우주환경예보 능력 소유와 독자적인 우주전파 환경정보 시스템을 구축·운영하려는 방향으로 진행하고 있으며, 유럽의 우주산업을 발전시키고, 지속적인 투자가 유럽 각국에 이익을 가져다 줄 수 있도록 보장하기 위한 목적으로 연구를 수행하고 있다. 유럽은 미국에 비해 후발주자이지만, EU 가입 국가들 간의 조직적인 역할 및 비용 분담을 통하여, 우주환경 관측 위성 제작, 센터 수립, 연구 분야 등에 많은 투자를 하고 있다.

가. 개요

- 목적 : 유럽 우주개발계획을 통합하여 효율적으로 추진하기 위함
- 설립 : 1975년 5월
- 주요활동 : 아리안 발사, 유럽 우주산업의 경쟁력 강화
- 참여국가 : 오스트리아, 벨기에, 덴마크, 핀란드, 프랑스, 독일, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국 등 17개국
- 인원 : 약 2000여명
- 예산 : 29억 4백만 유로 (2007년)
- 주요 연구소
 - ESTEC(European Space Research and Technology Centre)

- ESOC(European Space Operations Centre)
- ESRIN(The ESA Centre for Earth Observation)
- EAC(European Astronaut Centre)



그림 1-16 ESA 홈페이지

나. ESA 우주전파환경 서비스 현황

(1) 우주전파환경 예·경보

- 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 경보의 시작과 끝점

(2) SOHO에서 받은 태양 및 행성간 공간 이미지

- 5분 간격 태양 X-ray 플럭스
- 고에너지 양성자 플럭스
- 흑점의 개수
- 최근 태양 이벤트 등

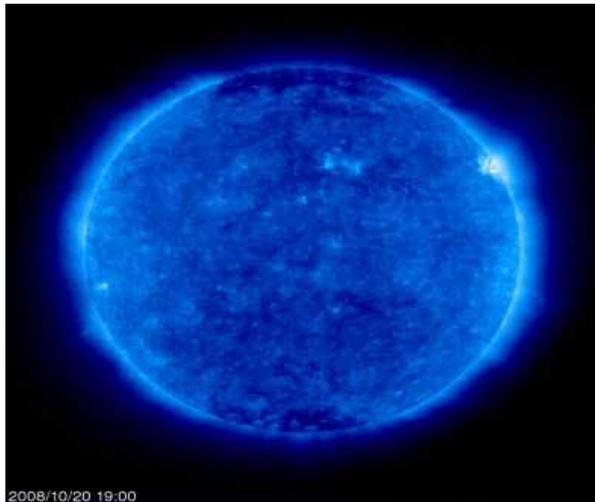


그림 1-17 SOHO 위성의 EIT 171 Å 이미지

(3) 자기권

- GOES 위성에서 받은 데이터를 바탕으로 고에너지 입자 (2MeV 이상의 전자, 1, 10MeV 이상의 양성자) 플럭스 제공
- Ap 지자기 지수, Kp 지수의 변화 제공
- 실시간 자기 권계면, bow-shock 모델 확인

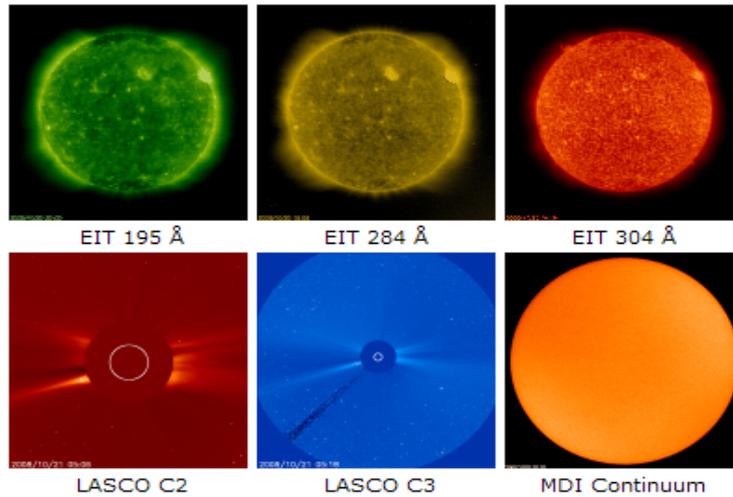


그림 1-18 SOHO/MIT의 다른 파장 이미지

다. ESA 내 유럽 각국의 연구기관 및 동향

(1) 그리스

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

(2) 영국 RAL (Rutherford Appleton Laboratory)

- Space Weather 모니터링 및 전리층 관련 연구

(3) 러시아 우주연구소(IKI)

- 고에너지 천체물리연구 (High Energy Astrophysics)
- 행성탐사 연구 (Planetary Exploration)
- 우주플라즈마 물리연구소 (Space Plasma Physics)

- 위성궤도 역학연구 (Satellite Situation Center)
 - 위성궤도 계산을 기초로 위성궤도 환경분석 연구
 - 위성궤도 및 위치상태 예측연구
- 우주전파환경 감시 (Environment Monitoring)
- 우주전파환경정보 시스템 (Information System) 운용

(4) 핀란드 Oulu 대학 우주물리 연구팀

- 전리층/ 자기권 물리연구, CASSINI 위성을 통한 태양풍 및 타 행성관측

(5) 벨기에 기상 및 항공관측소(OME) 우주항공연구소 (BIRA-LASB)

- 우주물리 및 환경 영역의 balloon, rocket 및 위성 borne 실험, 측정

(6) 프랑스 RWC 센터

- 우주전파환경 관련자료 제공, 예보

표 1-4 유럽 주요국가의 우주전파 연구기관 현황

| 국가명 | 기관명 | 설립 연도 | 주요 기능 | 연구인력 |
|-----|------------------------------------|-------|-------------------------|-------|
| 영국 | Rutherford Appleton Laboratory | 1921 | 우주개발, 우주전파환경예보, 관측업무 수행 | 1200명 |
| 스웨덴 | Swedish Institute of Space Physics | 1957 | 우주물리, 관측업무 수행 | 80명 |
| 그리스 | National Observatory of Athens | 1960 | 우주전파 환경예보, 관측업무 수행 | 30명 |

※ 영국의 경우 200여명의 조직이 우주전파환경 연구업무를 수행

※ 유럽 주요 연구소의 상세 수행업무는 붙임 7. 참조

1-4. 호주 IPS (Ionospheric Prediction Service)

호주의 우주기상 서비스는 호주 정부의 산업 관광자원부 소속인 IPS 전파 우주국에 의해 제공된다. IPS는 호주 우주기상 예보센터를 관리·운영하며, 우주 환경 변화로부터 영향을 받는 다양한 분야의 많은 사람들에게 광범위한 서비스를 제공하고 있다. 이 서비스를 제공하기 위해 IPS는 호주 전 지역에 태양, 지자기 및 이온층의 상태를 감시하는 관측소망을 갖고 있고, 여기에 호주 동부의 쿨구라에 위치한 태양관측소와 호주 서부의 러먼스 태양관측소(미 공군과 공동으로 관리)가 포함되어 있다. IPS는 우주기상상태를 지속적으로 감시하는데, 필수적이고 광범위한 국제 자료에 접근할 수 있다. IPS 우주기상 서비스는 팩스나 전자메일로도 제공되지만, 대부분이 인터넷 국제전산망인 월드 와이드 웹을 통해 고객에게 제공된다. IPS는 고객에게 지원할 우주기상자료의 수집을 위해 호주지역 및 남극에 위치한 관측소들의 광범위한 관측망을 운영하고 있으며, 유사한 업무를 담당하고 있는 전세계의 우주기상 전담기관들과 밀접하게 정보를 교환하고 있다.



그림 1-19 호주 IPS 홈페이지 메인화면

가. 개요

IPS는 호주의 정부 출연연구소로서 시드니에 본부를 두고 있으며 소속원은 모두 공무원 신분이다.

(1) 임무

- 지구의 이온층, 지자기 그리고 태양 자기권에 대한 현상을 연구하는 전문기관으로서, 시드니에 본부를 두고 러머스 및 쿨구라 지역에 태양, 지자기 및 이온층 측정을 유인관측소를 두고 있으며, 타운스빌 등 16개 지역에 주로 전리층 및 지자기 측정을 위한 무인관측소를 운영하고 있음. 이중 2개소는 GPS 및 TEC 신틸레이션 측정을 함께 하고 있음.
- 이온층 관측 및 지구자기장 관측을 위하여 16개 무인지역에는 ionozonde 및 magnetometer 등 장비를 이용하여 전리층 및 지자기 관측과 분석을 수행하며, 유인관측소인 러머스 및 쿨구라 지역은 ionozonde, magnetometer, solar telescope, heliostat, schmidt-cassegrain 및 radiospectrograph 등 장비를 이용하여 태양활동, 이온층 및 지자기 관측과 분석을 수행하고 예측결과는 Australian Space Forecast Centre로 보내 경보를 발령.
- 시드니 본부에서는 자체개발한 시스템을 사용하여 각 관측소에서 접수된 데이터를 이용하여 space weather에 대한 모델링과 예보를 수행하며, 시드니 대학과 공동으로 모델링 연구를 수행.
- 호주 관측소에서 수집된 관측자료의 데이터베이스화 및 ISES를 통한 국제자료교환 및 협력 수행.

(2) 조 직

- IPS는 호주 Department of Environment, Water Resources and the Arts 소속의 정부산하기관으로서 본부는 시드니에 있으며, 러머스 지역과 쿨구라 지역에 태양관측 유인시설을 설치하고 있으며, 그리고 16개 지역에 무인시설을 설치하여 전리층 관측을 수행.
- 시드니 본부는 기술자문 및 개발, 고객서비스, IT 서비스 및 엔지니어링 부분으로 구성.

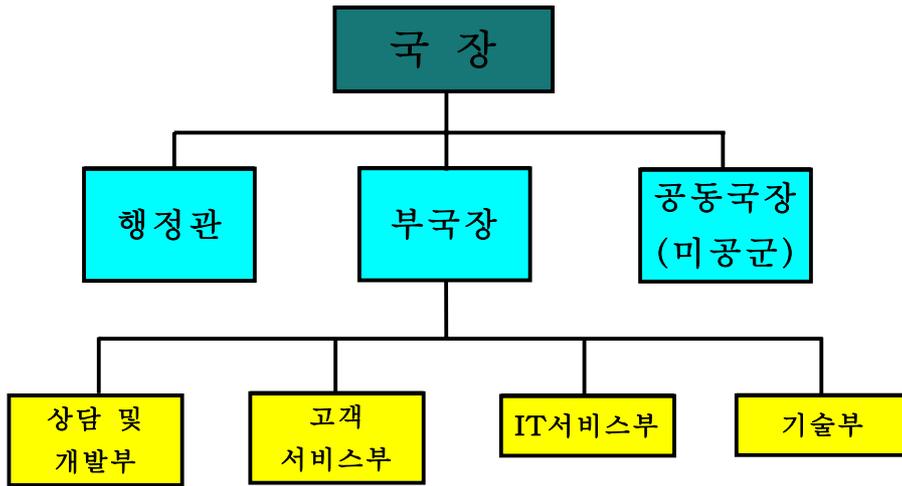


그림 1-20 IPS 조직도

(3) 연구인력 : 46명

- IPS의 인력은 정직원 35명 내외와 서비스 제공직원 10여명 정도로 대부분 박사학위를 가진 과학자들로 구성되어 있으며 다양한 우주환경 관측기기를 자체 개발하여 사용.
- 유인 센터인 러먼스 지역은 3명의 직원이 미공군과 함께 근무를 하고 있고, 쿨구라 지역은 2주마다 직원이 방문하여 관측장비, 통신장비 및 전원장비 등을 관리하고 있으며 평상시에는 인터넷을 이용한 원격 제어로 관측을 수행.

(4) 연혁

- 1948년 : HF 예측 및 전리층 관측소로 출발
- 1957~1959년 : 전리층 관측소 확대
- 1970년 : 쿨구라 태양관측소 설치
- 1978년 : 러먼스 태양관측소 설치(미국 공군의 기상관측소 및 우주관측소에 의해 러먼스 지역에 태양관측소 설치)
- 1990년 초 : 관측장비 자동화 구축(one person station)
- 1990년 말 : 관측소 관측데이터 송신을 위한 인터넷 환경 구축

(5) IPS 주요기능 및 업무

IPS는 호주 국립전파통신 및 우주기상서비스를 제공하는 호주 우주기상국으로서 주요기능은 다음과 같다.

○ 주요 기능

- HF 전파 통신 및 감시체계
- 지구탐사 전력 시스템보호 및 장거리 파이프라인 보호
- 위성 및 우주선 운영
- 우주환경분야의 국내외 연구 지원

○ 주요 업무

(IPS의 상세 우주환경 예·경보 및 서비스는 붙임 8. 참조)

- 1949년에 설립 당시 대부분 단파통신 지원업무만 수행 해 왔기 때문에, 현재 단파 사용자가 IPS의 중요한 고객이 됨 있음.
- 최근 방위군과 긴급서비스 고객들이 증가하고 있으며 사회 전반에 걸쳐 많은 단체들이 IPS 서비스의 중요 사용자가 되고 있음.
 - IPS 전파 우주국은 적시에 신뢰할만한 전파 통신상태 및 우주 날씨 안내를 호주 사회에 제공
 - IPS는 방위, 통신, 항공, 지구탐사, 우주활동 국내외 과학계 전 분야의 고객들 대상으로 포괄적인 서비스 제공
 - 호주 방위부, 항공부, 교통부, 세관, 해상 안전국, 라디오 방송, 국가 경찰 비상국, 콰타스·안셋 및 여타 항공사
 - 뉴질랜드, PNG(파푸아 뉴기니아) 방위군
 - Optus 통신, Telstra(호주 텔레콤 Telecom Australia)
 - 지구탐사 관련 기업
- 우주환경 업무
 - 우주환경 예·경보 업무
 - 태양 플레어 활동, 태양폭발 등의 감시
 - ACE, GOES, SOHO 위성 등의 자료분석을 통해 실시간 우주기상 경보발령 및 웹, E-mail 등을 통하여 관련 정보 제공

- 태양 및 우주환경 관측시설 개발 및 운영
- 지상·위성관측 자료분석 및 우주기상 보고서 발간
- 우주기상 주의보, 경보 및 예보 서비스 실시
- 우주기상 교란 요인분석 및 연구
- 우주기상 사용자에게 대한 교육
- WDC에서 데이터 분석 툴을 개발하여 태양 활동의 물리적 이론 연구 및 모델 개발
- 지자기권 변화, 고에너지 입자 등에 대한 지속적인 관측
- 데이터베이스 시스템 운영
 - 우주환경 예보서비스 총괄을 위한 국제 우주환경 서비스 (ISES) 와 협력을 하며 데이터 공유 및 정보 제공
 - ISES의 호주 지역경보센터(RWC) 운영
 - 호주 ASFC(Australian Space Forecast Center)에 태양관측자료, 전리층 자료 및 지자기 자료 등의 데이터베이스를 구축하여 운용
- 우주환경 영향 및 경보 발령
 - 태양풍에 의한 지구자기장 교란에 따른 지자기 폭풍의 영향 분석 및 경보 발령
 - 태양 고에너지 입자에 의한 지구 주변의 방사능 피폭에 따른 태양 복사풍(Solar Radiation Storms) 영향 분석 및 경보 발령
 - 태양 X-ray에 의한 전리층 교란에 따른 전파통신 장애(Radio Blackouts) 영향 분석 및 경보 발령

1-5. 일본 NICT (National Institute of Information and Communications Technology)

일본 정보통신 연구기구(NICT)의 연구 그룹에 속해있는 우주환경 연구 그룹은 인류 활동에 영향을 미치는 우주환경을 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 우주환경센터는 위성과 지상 관측소로부터 태양의 X-ray 플럭스, 고에너지 입자 플럭스, 자기장, 태양풍의 속도와 밀도, 지자기 활동 등을 실시간으로 관측하여 매일 6:00 UT에 우주환경예보를 하고 있다. 또한 아래와 같은 desktop viewer를 통하여 실시간 우주환경을 확인할 수 있는 서비스를 제공하고 있다.

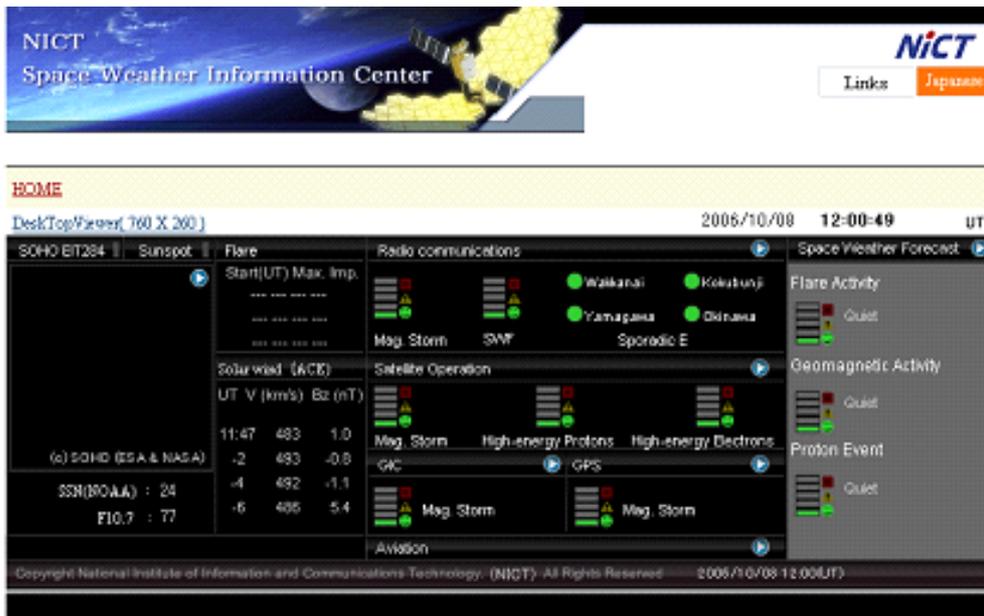


그림 1-21 NICT 홈페이지의 우주환경 정보서비스 화면

가. 개요 및 조직

- 우정성 산하 통신총합연구소 우주과학부 및 히라이소 우주환경 센터
- 연구인력 : 40여명
- 운영목적
 - 단파통신에 대한 예·경보
 - 우주환경 자료의 수집 및 분석
- 자국 내 오키나와(Okinawa), 와까나이(Wakkanai) 등 관측소 설

치 운영

- 우주기구(JAXA), 나고야 대학, 문부성 등 관계기관과 연계를 통한 연구 인프라 구축
- 조직 : 우주환경 그룹은 3개의 연구그룹 중에서 3번째 그룹에 소속

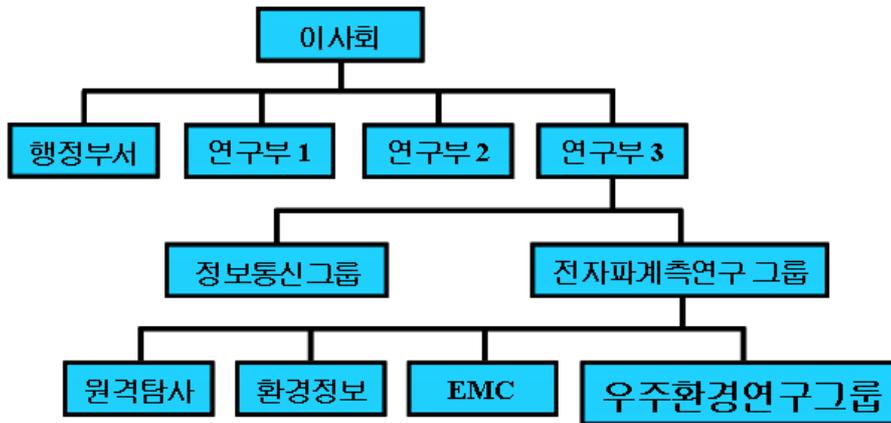


그림 1-22 NICT 조직도

나. 우주전파환경 예·경보 및 서비스

- 태양흑점, 플레어, X-선 플럭스, F10.7 지수 예·경보
- ACE 위성으로부터 받은 태양풍 데이터, 전자 양성자 플럭스, 지자기 활동(K-지수로 표현) 자료 서비스

2. 국내 현황 및 문제점

가. 국내 현황

(1) 전파연구소

전파연구소에서는 1966년부터 전리층 관측을 시작으로 우리나라의 우주전파환경연구를 수행하고 있다. 전파연구소에서 1966년부터 지속

적으로 수행하고 있는 전리층 관측은 단파 사용자에게 전리층 단파 교란에 대한 정보로 제공해 왔으며 1966년부터 관측을 통해 확보한 전리층 자료는 매우 가치 있는 자료로 평가되고 있다. 특히 1980년대까지 주요 무선통신에 단파대역이 사용되고 있었는데, 단파통신은 전리층 반사를 통해 이루어지기 때문에 전리층 관측이 중요한 요소이기 때문에, 전파연구소에서 축적하고 있는 전리층 관측 자료를 토대로 단파대역 최적주파수를 군, 방송사, 해운사 등 관련기관에 예보 해 왔다. 1990년 이동통신 등 새로운 무선서비스의 등장은 기존의 전리층 단파 교란 연구 외 태양폭발시 발생하는 태양전파와 고에너지 입자에 의한 전리층 및 지자기 교란으로 지상의 무선서비스에 심각한 장애를 야기하는 태양전파 및 지자기까지 연구영역이 확대되었다. 이에 따라 전파연구소는 1995년 태양전파관측기와 지자기관측기를 설치하여 태양폭발 유형분석, 지자기 폭풍 감지 등 우주전파환경에 대한 기초연구를 실시하고 있다.

최근, 무선통신서비스가 유비쿼터스화로 진화함에 따라 새롭게 등장하는 다양한 유무선 서비스의 안정적 운용을 위한 체계적이고 지속적인 우주전파환경 연구의 중요성이 급증하고 있다. 즉, 모든 기기와 사물이 유무선 네트워크로 연결된 유비쿼터스 환경에서 급격한 우주전파환경변화는 태양전파 노이즈의 영향에 의한 RFID, Wibro, ITS 등 사회 인프라 서비스에 동시 다발적인 장애가 발생시켜 막대한 사회적 혼란 초래와 본격적인 우주시대 도래에 따라 증가하고 있는 위성발사 및 운용 등 우주개발활동에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라, 전파연구소 이천 분소에 설치된 태양전파 관측기는 동적 스펙트럼(dynamic spectrum)을 이용한 태양 코로나에서 발생하는 충격파의 속도 계산을 통해 지구까지의 도착 시간 예측, 태양 전파폭발의 발생순간 포착 및 Type II burst의 시간당 주파수 변화로부터 태양 코로나에서 발생한 충격파의 속도를 측정하고 있다. 30MHz ~ 2500MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 2개의 파라볼릭 안테나와 1개의 대수주기 안테나로 구성되었고, 1995년에 설치하여 관측자료를 지속적으로 확보하고 있으며, 1997년 처리 및 분석용 소프트웨어를 자체 개발하여 본격적인 태양전파 관측을 이용한 태양전파폭발의 유형과 특성연구를 수행하고 있다. 그리고 1997년 이천과

용인(경희대), 그리고 제주도(제주대)에 지자기 연속관측시스템 구축을 완료함으로써 한반도 지역에서의 위도별 지자기 변화를 실시간으로 모니터링하고, 코로나 질량방출(CME)과 플레어에 의한 자기권 격변(SC: Sudden Commencement) 또는 자기폭풍을 관측하고 있다.

표 1-5 전파연구소의 관측시설 및 데이터 활용

| 관측시설 | 관측데이터 | 데이터 활용 |
|--------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 태양전파 관측기 (이천) | 30MHz ~ 2500MHz 전파 스펙트럼 | 태양 폭발 유형 분석 |
| 지자기 네트워크 (이천, 용인, 제주) | 3축 성분의 지자기 변화 및 지자기 총 세기 변화 | 지자기 폭풍 감시 |
| 전리층 관측기(안양, 제주) | Ionogram | 전리층 상태 단파 최적 주파수 감시 |

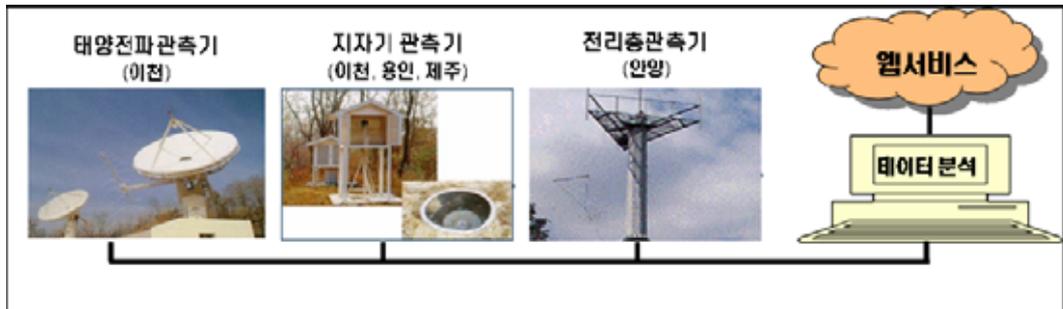


그림 1-23 전파연구소 관측 네트워크

○ 태양전파 관측

- 태양전파 관측시스템

전파연구소는 1995년 세 개의 안테나로 30MHz ~ 2500MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 광대역 태양전파분광시스템 (Solar Radio Spectrograph)을 설치하였다. 대수주기 안테나 (Log Periodic Antenna)는 30MHz ~ 100MHz, 10m 파라볼릭 안테나는 100MHz ~ 500MHz, 그리고 6m 파라볼릭 안테나는 500 MHz ~ 2500MHz 대역의 태양전파를 수신하고 있다. 1일 관측

은 안정된 관측시스템의 운용과 관측데이터의 정확한 처리 분석을 위해 개발된 운용 소프트웨어에 의해 데이터 취득에서 실시간 데이터 서비스에 이르기까지 자동으로 이루어지고 있다. 또한 자료 분석을 통해 각 유형의 태양전파폭발 현상을 규명하고 태양 대기에서 진행하여 오는 충격파의 속도결정을 위한 연구를 수행하고 있다.

- 태양전파폭발 유형 관측

코로나 충격파의 속도는 지자기 폭풍을 일으키는 태양-지구간 충격파의 초기속도로 사용되기 (Dry and Smart, 1984) 때문에 태양활동에 의한 우주환경변화를 예측하는데 매우 중요하다. 태양전파폭발은 플레어 발생 직후 수 분 내에 뒤따르며 메타파(30MHz ~ 300MHz)에서 데시메타파(30MHz ~ 3000MHz) 대역에 걸쳐 수 초에서 수 시간동안 지속되는 다양한 스펙트럼 구조를 갖는다. 이러한 이유로 태양전파폭발에 관한 관측은 비교적 넓은 대역의 전파를 수신할 수 있는 안테나가 필요하며, 이를 이용하여 전파연구소에서는 시간에 따른 상대적 전파강도의 변화를 표현하는 동적 스펙트럼(dynamic spectrum : 횡축은 시간, 종축은 주파수)으로 표현되는 전파방출 구조, 방출 주파수 변화 및 지속시간에 따른 (표 1-6)와 같은 5개 유형의 태양전파폭발 분류와 관련 현상을 연구하고 있다.

표 1-6 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상

| 유형 | 특징 | 관련현상 |
|----------|---|---|
| Type I | 짧은 주파수 대역에서 연속 전파방출, 수시간에서 수일동안 지속 | Eruptive Prominence Geomagnetic Storm Ionospheric Storm |
| Type II | 고주파수에서 저주파수로 천천히 하강, Fundamental, Harmonic 구조, 수분에서 수십분 동안 지속 | 태양 코로나 충격파 우주환경변화의 주요 징후 Geomagnetic Storm |
| Type III | 고주파에서 저주파로 급격히 하강 집단으로 발생, 수십초간 지속 | 태양플레어에 의한 고속의 전자빔 |
| Type IV | 플레어 관련 광대역 연속 전파현상 Stationary, Moving Type IV로 분류 | 태양 Plasmoid |
| Type V | Type III group과 함께 발생 1~2분간 지속, 구분하기 힘들 | 고속의 전자빔 |

- 관측자료 분석 요약

태양활동 현황 및 예보를 위해서는 분석결과를 일정한 형태로 요약하는데 이를 위해 전파연구소는 국제천문학회의 태양활동 분기보고 (QBSA : Quarterly Bulletin on Solar Activity, 975) 매뉴얼에 준한 태양전파 요약표(표 1-7)를 만들고 있다. 태양 스펙트럼 관측자료의 분석은 각 유형별 전파폭발 스펙트럼으로부터 관측 시간, 관측소, 전파폭발의 시작 및 종료 주파수, 세기, 유형 등으로 나누어 분류한다. 전파폭발의 시작 및 종료 주파수는 데시메터파(300MHz ~ 3000MHz) 영역, 메터파(30MHz ~ 300MHz)영역으로 분류되고, 전파폭발의 세기는 정량적(1=weak, 2=moderate, 3=strong)으로, 혹은 1 태양속 단위(SFU)의 전파속 세기에 따라 정성적(1은 50SFU 미만, 2는 50 이상 500 미만, 그리고 3은 500 이상)으로 3 단계로 나누어 분석된다. 전파폭발 유형은 방출 주파수의 유형과 시간에 따라 5개의 유형으로 분류된다. (표 1-8)은 국제적으로 통용되는 태양전파폭발의 세부분류 기호를 정리한 것이다.

표 1-7 태양전파 관측자료 분석 요약 도표

| DEC 2000 | Time of obs. | | Station | Events | | | | | | Spectra 1 Type | Pol & Position Remark |
|-------------|--------------|-----|---------|-----------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-------------------|-----------------------------|
| | Start | End | | Decimetric Band | | | Metric Band | | | | |
| | | | | Start | End | INT | Start | End | INT | | |
| 1 | | | | | | | | | | | |

표 1-8 태양전파분석을 위한 기호 요약 및 내용

| 기호 | 내용 | 기호 | 내용 |
|----|------------------------|-----|--------------------------------------|
| B | 단일 폭발 | RS | 역 드리프트 전파폭발 (reverses lope burst) |
| G | 10 개 이하의 폭발군 | DP | 이중 드리프트 구조(drift pairs) |
| GG | 10 개 이상의 폭발군 | DC | 드리프트 고리 구조(drift chains) |
| C | 연속전파방출 | H | Herring bone 구조 |
| S | 전파폭발과 관련된 간헐적인 전파방출 | W | 약한 전파폭발 |
| | | P | 맥동형 |
| N | 간헐적인 활동 | MOV | 이동형 (Type IV) |
| U | U 모양 전파폭발 | STA | 정지형 (Type IV) |

○ 전리층 관측 및 예보

- 전리층 변화 관측

전리층 변화 현상은 일일, 계절, 위도, 태양활동 주기에 따른 변화 등 크게 네 가지로 나누어진다. 일일변화는 전리층 생성의 주요한 원인인 태양 복사의 존재 유무에 따라 밤과 낮의 전자밀도가 차이가 발생하게 되며, 야간에는 F1, F2 층의 구분이 사라진다. 계절 변화는 사계절에 따라 F2 층의 높이가 변하는데 우리나라의 경우 춘, 추분에서 F2 층의 임계주파수인 foF2 값이 연중 최대값을 가지며 여름과 겨울에는 상대적으로 낮게 측정된다. 전

리층은 저위도, 중위도, 고위도마다 변화 양상이 각기 다르게 나타나며 태양 활동 주기에 따라서 foF2 측정값이 2배 이상 차이가 나기도 한다. 특히 태양활동 주기 변화는 foF2 값의 변화를 가지고 예측이 가능할 정도로 태양활동과 밀접한 관계가 있어, 전파연구소에서는 전리층 변화를 지속적으로 관측하고 있다.

- 전리층 관측시스템

전파연구소는 높이에 따른 전리층 플라즈마의 전자밀도의 분포 측정은 전파를 수직 입사하여 전리층내의 여러 전자층에 반사되어 오는 전파를 측정하여 전리층내의 전자들의 분포를 높이에 따른 함수로 나타내는 Ionosonde를 통해 관측하고 있다. 전파연구소는 안양과 제주에 Ionosonde를 설치하여 전리층 관측을 수행하고 있다.

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



그림 1-24 안양 전리층 관측 시스템

- Ionosonde를 이용한 전리층 관측

- 전리층 관측
 - E, F층 높이
 - 최대 임계 주파수(foF2)
 - 최대사용 주파수
- 전리층 현상과 통신에의 영향 연구
 - 비 정상상태의 전리층 현상
 - 전리층 교란
 - 이동 전리층 교란
 - 전리층 폭풍 (Ionospheric Storm)
 - 스포라딕 E 현상 (Sporadic E)
 - 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 1-9 전리층 교란에 의한 통신시스템의 영향 및 관련기관

| 전파통신분야 | 전리층 효과 | 관련기관 |
|--------------------------------|---|---|
| HF Communication | - 전파흡수증가 - MUF Depress, - LUF Increase - Fading 증가 | - 철도청, 산림청, 기상청, 군, 방송국, 아마추어 무선연맹, 해상 무선 표지국 |
| Surveillance System | - 레이더 감도 감소 - Range 에러, 방위각, 고도에 러 | - 군, 공항 공단 |
| 위성통신 시스템 | - 신틸레이션 - 주파수 간섭 | - KT, 온세통신, 데이콤, 한국 디지털 위성방송(주) |
| Loran-C 항법시스템(GPS) OMEGA | - 위상 및 진폭변동 - 위치에러 - 전리층 반사층의 변화에 의 한 전파 위상의 이상 현상 | - 해상 무선 표지국, SK텔레 콤, CDMA 이동전화 기지국, 선박 통신사 협회 |

○ 지자기 관측

- 지자기 관측시스템

전파연구소는 지자기 연속관측을 통한 통신위성에 영향을 미치는 지구근접 우주환경 연구를 위해 1996년 8월에 이천 및 용인(경희대)에 연속 관측 시스템을 설치하여 pair station으로 운영하고 있으며, 1997년 상반기 제주도에 같은 시스템을 추가로 설치하여, 본격적인 한반도 지역에서의 위도별 지자기 변화를 실시간으로 감시하고 있다. 이천, 용인(경희대) 및 제주(제주대)에 구축하여 운용 중인 지자기연속 관측 시스템은 동일한 성능의 지상 자력계로 구성되어 있으며, 이 자력계들은 H(North-South), D(East-West), Z(Upward-Downward) 등의 지구 자기장 성분의 변화를 측정하는 자기장 3축 센서와 지자기 총 변화량의 절대값을 측정하는 프로톤 센서로 구성되어 있다.



그림 1-25 국내 지자기 관측소(좌)와 지자기 관측기(우)

- 지자기 현상 관측 및 분석

지자기 관측 자료의 분석은 지자기 3축 성분의 변화와 지역 지자기 K 지수를 통해 이루어진다. 지자기 3축 성분의 변화는 지자기 현상을 규정하는데 사용되고 지자기 K 지수는 지자기 활동 정도를 규정하는데 사용된다. 지자기 활동지수 K는 3시간 간격으로 평상시 자기장 값을 기준으로 변동하는 자기장의 평균값을 취하여 log scale에 의해 K0에서 K9까지 10개의 단계로 구분한다. 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변화는 (표 1-10)과 같이 분류하고 있다. 이러한 지자기 변화는 평상시 지구자기장에 의해 차단되었던 고에너지의 대전입자들이 지구에 유입되어 인공위성, 통신, 송전설비 등에 문제를 일으키는 등 우리 경제, 사회에 막대한 피해를 입히게 된다.

전파연구소는 프랑스의 CETP(지구행성환경연구센터)의 도움으로 이천, 용인, 제주 관측소의 최대 자기장 변동량과 핀란드 기상 연구소에서 개발한 FMI 코드를 이용하여 관측데이터로부터 K 지수 산출 방법을 수립하였다. 현재 전파연구소는 각 관측소에서 관측되는 최대 지자기 변동량과 적절한 계산 알고리즘을 이용하여 지자기 K 지수를 산출하고 있다.

표 1-10 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상

| 현상 분류 | 특징 | 지속시간 |
|--------------------------|---|---------|
| Geomagnetic Storm(SSC) | H성분 급격한 증가(SSC)로 시작, 크게 감소한 후 마침내 회복 | 1일 ~ 수일 |
| Sudden Impulse (SI) | H성분 급격한 증가(SSC)로 시작되 지만 지자기 폭풍 발생 안함 | 수시간 |
| Solar Flare Effect (SFE) | 태양 플레어에 의한 지자기 변동 | 수분 |
| Bay | 한밤중에 자기장이 증가 | 1시간 |

- 지자기 분석 요약

지자기 현상은 (표 1-11)에서와 같이 수평성분의 변화에 따라 섭동, 교란, 지자기 폭풍 등의 10단계로 나누어 기록

표 1-11 지자기 분석에 따른 지자기 현상 구분

| 기호 | 의 미 | 기호 | 의 미 |
|----|--|----|---|
| 0 | Clam | 5 | Bay Disturbance |
| 1 | Giant Pulsation (ITS Period is short than minute) | 6 | Impulsive Disturbance |
| 2 | Oscillation (PC) | 7 | Sudden Commencement of Geomagnetic Storm (SSC) |
| 3 | Irregular Disturbance | 8 | The First Phase of Geomagnetic Storm |
| 4 | SFE (Solar Flare Effect) | 9 | The Main Phase of Geomagnetic Storm |

○ 예·경보 서비스

- 전파연구소는 (표 1-12)의 전파 경보 등급에 따라 같은 예·경보 서비스를 하고 있음.

- 태양 활동 모니터링
- 전파 예보·경보

- 예·경보 서비스는 전파연구소 홈페이지(그림 1-26)를 통해 제공

되고 있으며, 홈페이지에 등록된 기관 사용자의 경우 E-mail이나 문자메세지를 통해 개별적으로 서비스가 제공되고 있다.

표 1-12 전파연구소의 전파 경보 등급

| 전파 경보 등급 분류 | | | | | |
|-------------|----|--------|----------|---------|--|
| 단계 | 상황 | 태양 활동 | 고에너지 입자 | 지자기 활동 | 예상되는 주요 장애 현상 |
| 1 | 일반 | M1 이상 | 10MeV 이상 | Kp=5 | - 극지방 통신 장애 가능성 - 저고도 위성 궤도 수정 가능성 |
| 2 | 주시 | M5 이상 | 10MeV 이상 | Kp=6 | - 고위도 HF통신 및 LF항법 장애 발생 - 위성 고도 조절 필요 |
| 3 | 주의 | X1 이상 | 10MeV 이상 | Kp=7 | - 일시적 HF통신 두절, LF항법 오차 발생 - 위성영상 노이즈 발생 |
| 4 | 경보 | X10 이상 | 10MeV 이상 | Kp=8 ~9 | - 1시간 이상 HF통신 두절, LF항법 장애 - 위성 위치 추적 장애 발생 |
| 5 | 비상 | X20 이상 | 10MeV 이상 | Kp=9 | - 2~3시간 이상 HF통신 두절 - 항법 오차 발생 및 위성 통제 장애 발생 |



그림 1-26 전파 연구소의 전파 예·경보 화면

(2) 천문연구원

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

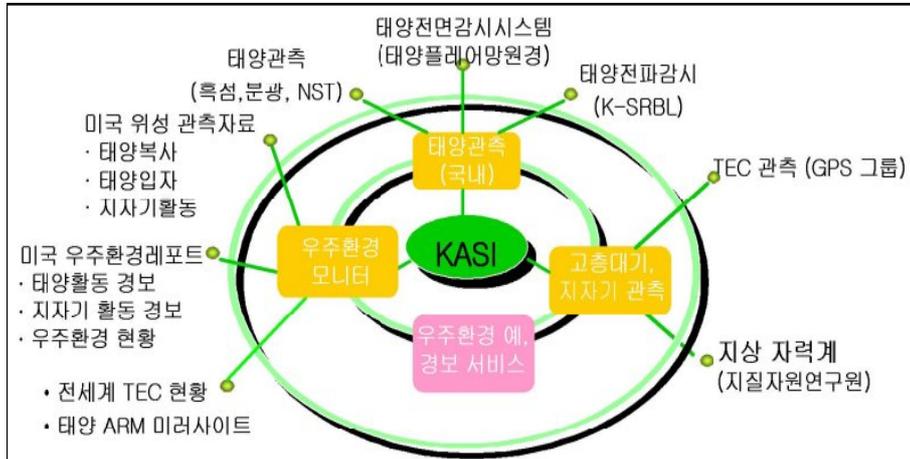


그림 1-27 한국 천문연구원의 연구 업무

(가) 우주환경 관련 연구분야

- 태양활동 연구
 - 자기 나선도와 태양활동 관련성 연구
 - CME - flare - Type II 관련성 연구
 - X-ray 플라즈마 분출 연구
 - 필라멘트-CME 운동학적 특성 연구
- 태양활동과 지자기 변화의 관련성 연구
 - CME 물리적 인자와 Dst 지수 관련성 연구
 - CME 지구전달 예보 분석 연구
 - CME 방향과 Dst 지수 관련성 연구
- 지구 이온권 및 고층대기 관측

- F층에서 발생하는 파동현상 관측 및 연구
 - MF Radar를 이용한 이온층 상태 변화 연구
- 지구근접 우주환경 변화 연구
 - 위성체 끌림 현상 연구
 - 지구근접 ULF 파동 연구
 - 태양풍과 지상 자력계 변화의 상관성 연구
 - 우주환경 예·경보



그림 1-28 한국 천문연구원의 우주환경예보 화면



그림 1-29 한국 천문연구원의 우주환경 모니터링 화면

(나) 보유 장비

- 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 1-30 보현산 태양 플레어 관측 망원경

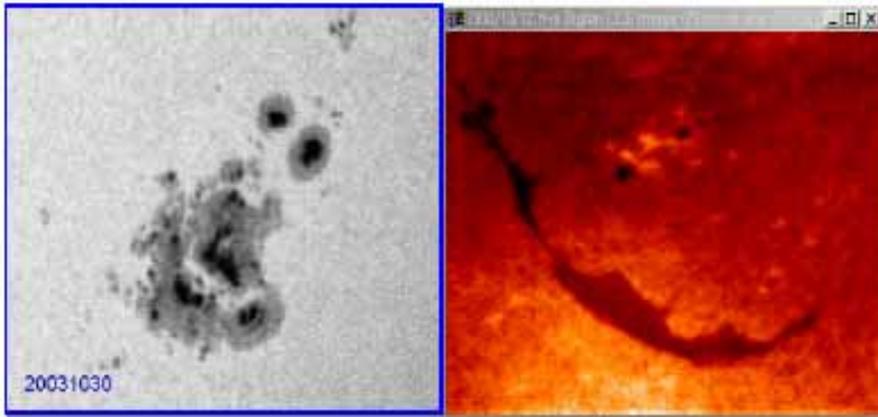


그림 1-31 태양 플레어 망원경으로 관측한 태양 이미지

- 태양 분광 망원경 (KASI Solar Imaging Spectrograph)
 - 2002년부터 관측
 - 대전 한국 천문연구원에 설치
 - 태양의 가시광선 영역의 분광선, 3차원 영상 스펙트럼 등을 관측



그림 1-32 한국 천문연구원의 태양 분광 망원경

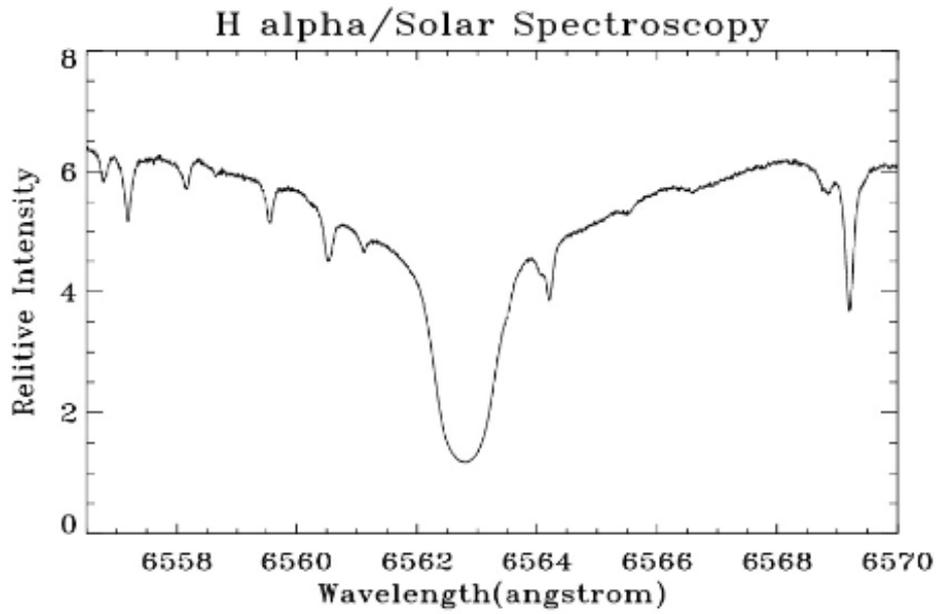


그림 1-33 태양 분광 망원경으로 관측한 분광선

- 전천 카메라(All-Sky Camera)
 - 2008년 3월 시설 및 필터링 세팅
 - 한국천문연구원 보현산 천문대에 설치
 - 전리층을 포함한 상층 대기의 광시야 전천 하늘 관측



그림 1-34 보현산 전천카메라

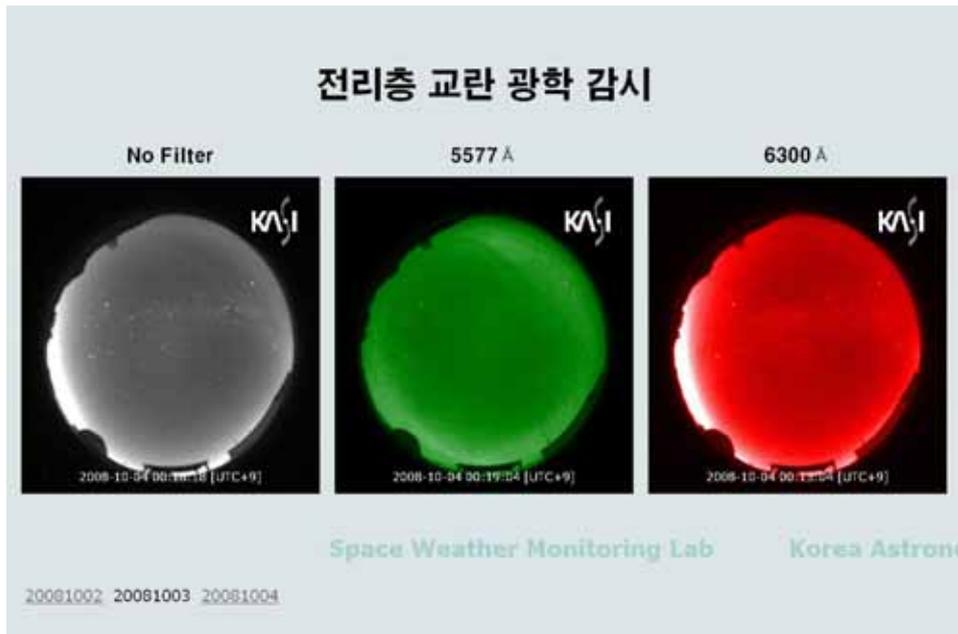


그림 1-35 전천카메라의 실시간 관측 자료 (2008.10.03)

○ VHF Coherent Scatter Radar (설치 예정)

현재 VHF 레이더 공급 업체 중 한곳으로서 호주에 소재하고 있는 Genesis Software로부터 공군과 전파연구소에 제공한 기본적인 CSR 장비 스펙을 제공받고, 세부디자인 결정을 위한 자문을 코넬대학 Hysell 교수로부터 요청하여 현재 장비 구입단계이며, 2009년 상반기에 설치될 예정이다.

(3) 한국해양연구원 부설 극지연구소

극지연구소에서 수행하고 있는 주요 연구 업무는 다음과 같다.

- 남극 세종기지에서 지자기 측정 및 미국 USGS로 자료전송
- 남북극 기지 및 스웨덴에 고층대기 관측 장비 설치·운영
- 중간권 상부 및 열권 하부 온도 지속적 관측

(가) 지자기 관측(상시 관측)



그림 1-36 극지 연구소의 지자기 센서 및 관측실

(나) 고층대기(MLT region) 및 전리층 관측·연구

○ VHF Meteor Radar

- 지구 대기로 진입하는 유성체가 마찰열로 인해 플라즈마 꼬리를 만들고, 이 플라즈마 꼬리에 특정 전파가 반사되는 원리를 이용하여 해당 고도의 대기에 관한 여러 가지 물리적 특성 연구
- 유성꼬리에 반사되어 되돌아오는 전파를 5개의 수신안테나에서 동시에 수신하면 그 위상차(phase difference)로부터 유성의 위치(방향 및 거리)를 결정할 수 있고, 많은 수의 유성들을 관측(20000개 이상/24hr)함으로써 해당 고도에서의 바람 및 온도 정보를 얻을 수 있음



그림 1-37 남극세종기지에 설치한 유성 레이더

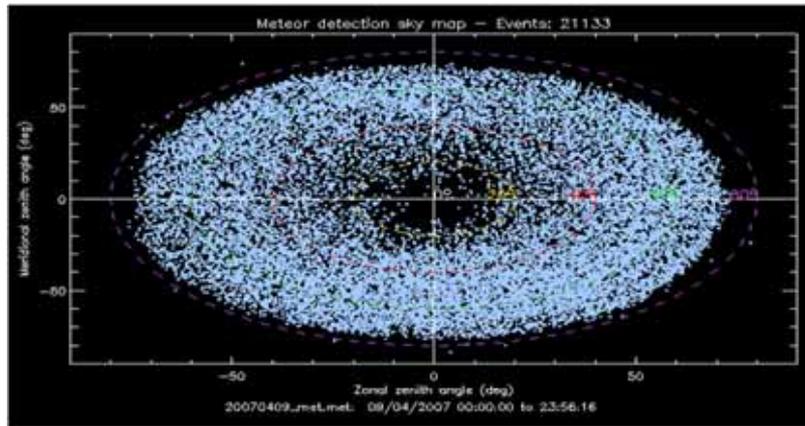


그림 1-38 유성 레이더로 관측한 유성들의 공간 분포

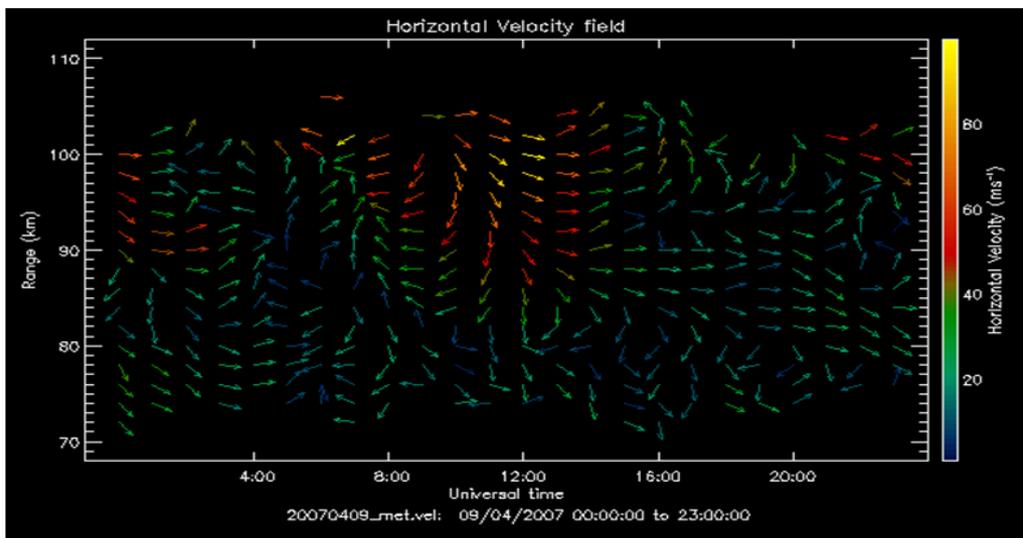


그림 1-39 유성 레이더 관측으로 얻은 MLT지역의 wind field

- ※ MLT region : Mesosphere and Lower Thermosphere region
- ※ 유성 레이더(Meteor Radar)는 충남대학교 우주과학실험실에서 극지연구소의 협조로 세종기지에 설치하여 자료획득 및 처리·분석을 담당하고 있음.

- SATI(Spectral Airglow Temperature Imager)
 - 고도 약 90km 부근에서 방출되는 대기광을 관측하여 MLT region의 온도 변화 감시

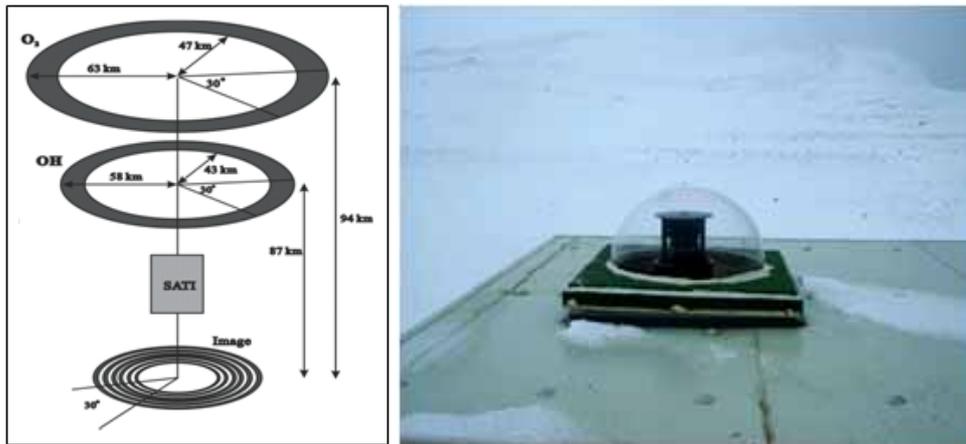


그림 1-40 SATI 관측 개요도(좌)와 관측 준비 상태(우)

(다) 남극 대륙에 제 2의 과학기지 설립 예정

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

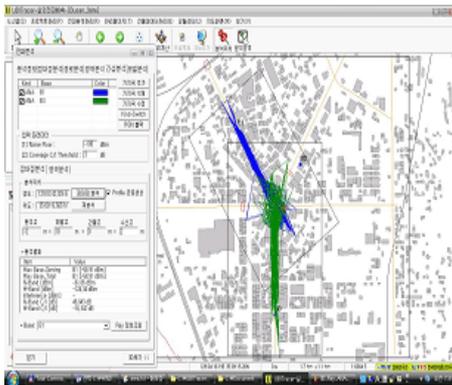
(4) 한국전자통신연구원(ETRI)

한국전자통신연구원은 지상 전파의 간섭, 불법전파의 감시장치 개발, 전파의 효율적 이용방법 연구 등의 전파기술 및 전파환경 연구와 위성탑재체 개발, 우주복사(Radiation)가 위성 및 부품에 미치는 영향 및 위성통신의 간섭연구 등을 연구하고 있다.

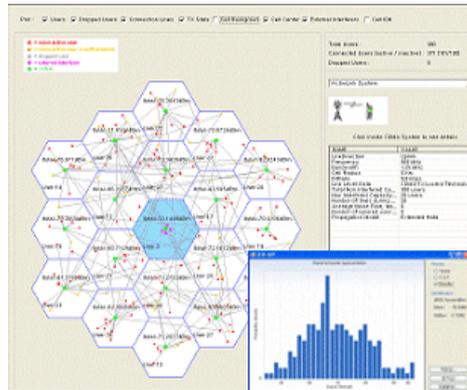
더구나 유비쿼터스 환경에 필요한 모든 무선 IT 서비스 및 제품 등에 대한 기반기술을 연구하고 있기 때문에 우주전파환경의 변화가 위성 및 지상을 이용한 유비쿼터스 환경에 미치는 영향을 연구하기 매우 좋은 여건을 갖고 있다.

(가) 전파기술 및 전파환경연구

전파기반기술 연구는 첫째 공공기술 개발, 둘째 공용 기반기술 개발, 셋째 무선통신 원천 핵심기술 개발을 목표로 하고 있습니다. 공공기술 개발은 주파수 자원 관리 연구, 전파 감시기술 연구, 그리고 전자파 환경기술 연구를 수행하고 있으며, 공용 기반기술 개발은 기술전문성과 효율면에서 이동통신 방송 및 위성통신 등의 연구분야가 독립적으로 조직을 구성하여 수행하기 어려운 RF 및 안테나 기술 연구를 수행하고 있습니다. 그리고 무선통신 원천 핵심기술 개발은 무선통신 기술을 선도하기 위해 RFID, DSA, Cognitive Radio, 밀리미터파, LTCC 등과 같은 차세대 핵심기술에 대한 선행연구를 수행하고 있다.



<전파전파특성연구>



<전파간섭분석연구>



<전파모니터링기술연구>

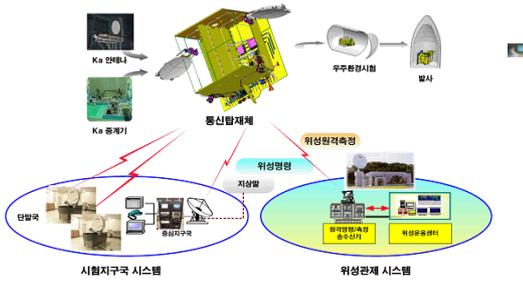
그림 1-41 ETRI의 전파기술연구

(나) 위성통신연구

21세기의 본격적인 우주통신 시대를 맞이하여 우리나라 최초의 통신방송 상업위성인 무궁화위성 1, 2, 3호 발사를 계기로, 미래의 고도 정보화 사회에서 위성통신 역할을 최대화 할 수 있는 위성통신 핵심 기술을 개발 하였다. 여기에는 위성망 설계기술개발, 위성통신망 감시제어 기술개발 등이 포함되어 있다. 이를 근간으로 하여 고속 이동체 인터넷 위성무선 연동기술, 통신해양기상위성 위성통신시스템, 위성항법 지상국시스템 및 탐색구조 단말기 기술, 21GHz대역 위성방송 전송기술, IMT-Advanced 위성접속기술, 다목적실용위성 위성관제시스템 등의 개발을 추진하고 있다.

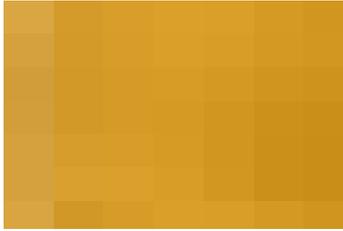
또한 다양한 무선 멀티미디어 서비스 제공을 위한 위성 및 무선 인프라 구축을 위해 위성 및 무선 전송, 다원접속 등 핵심 기반기술과 함께 위성 멀티미디어 서비스를 위한 지구국 기술, 광대역 위성통신 및 방송기술, 성층권 통신기술, 광대역 무선전송 및 차세대 광대역 통합무선 멀티미디어 재난통신 표준기술을 개발하고 있다. 주요 실적은 다음과 같다.

- 고속이동체 인터넷 위성무선연동 기술 개발
- 통신해양기상위성 위성통신시스템 개발
- 위성 관제시스템 기술 개발
- IMT-Advanced 위성접속기술 개발
- 위성항법 지상국 시스템 및 탐색구조 단말기 개발
- 21GHz대역 위성방송 전송기술 개발
- 반도체 레이더 TR모듈용 MMIC 개발



<통해기 위성통신시스템>

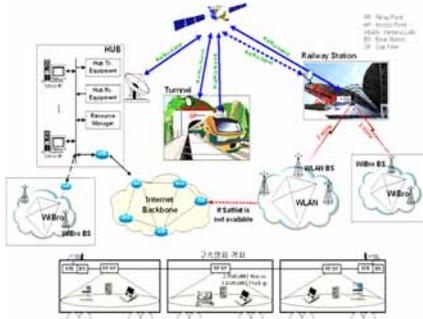
<위성망설계기술>



<위성통신감시제어시스템>



<위성관제시스템>



<고속이동체 인터넷 무선연동시스템>



<위성항법 지상국시스템>

그림 1-42 ETRI의 위성통신연구

(5) 한국항공우주연구원

한국항공우주연구원은 우주 개발 사업 및 우주센터 건설, 우주인 양성사업, 무인 비행선 사업 등을 수행 중에 있으며 수행 내용은 다음과 같다.

(가) 우주개발 프로그램 계획

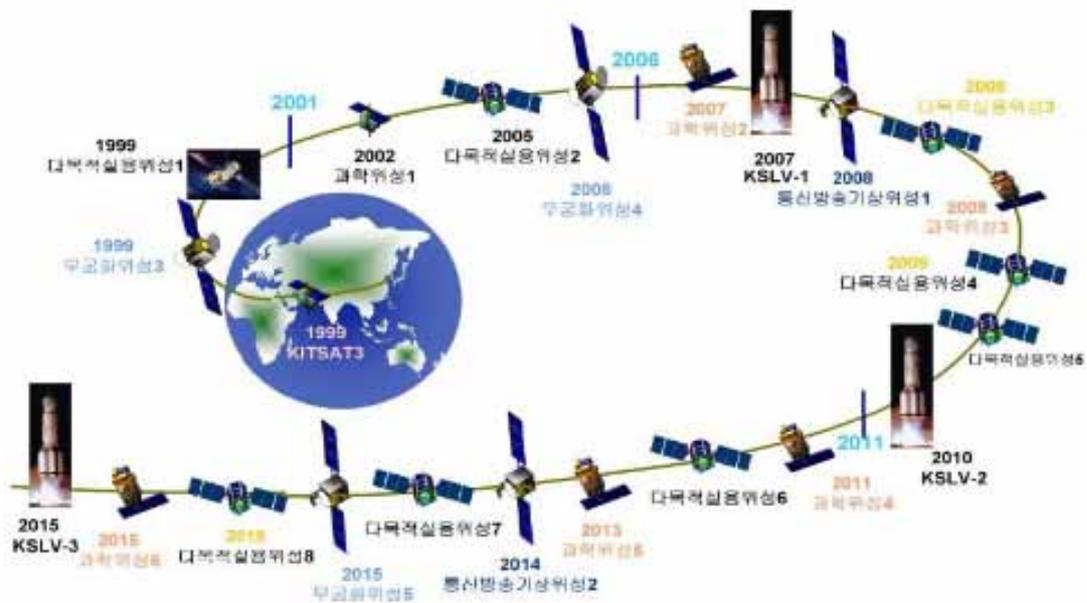


그림 1-43 국가 우주개발 프로그램

(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.

- KSLV(Korea Space Launch Vehicle)-I 개발
 - 100 Kg의 과학위성 2호를 2007년 발사
 - 개발기간 : 2002년 ~ 2007년
 - 개발예산 : 5,098 억원
 - 사양 : 직경 2.9m, 길이 33m, 무게 140톤

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



그림 1-44 외나로도 우주센터

- 성층권 장기체공 무인비행선 사업
 - 개발기간 : 2003년 9월 ~ 2007년 8월(4년)
 - 개발비 401.4 억원 규모(정부 301.4 억, 민간100억)

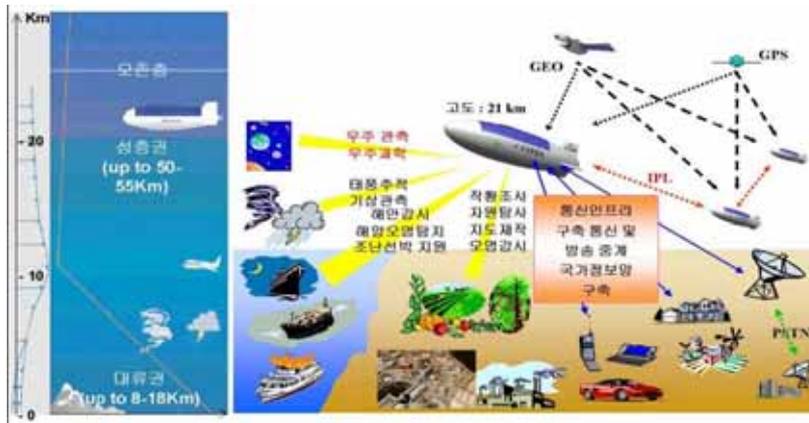


그림 1-45 한국항공우주연구원의 무인 비행선 사업의 효과

(6) 한국지질자원연구원

한국지질자원연구원은 광물탐사, 지도 제작, 측지, 지진 활동 및 화산활동 예측 등 측지학적, 지질학적, 지구 물리학적 목적을 위해 지자기장 관측 망을 구축하여 지구 자기장 관측, 자료제공, Dst 지수 예측 등의 업무를 수행하고 있다.

(가) 지자기장 관측

○ 한국의 지자기장 관측소

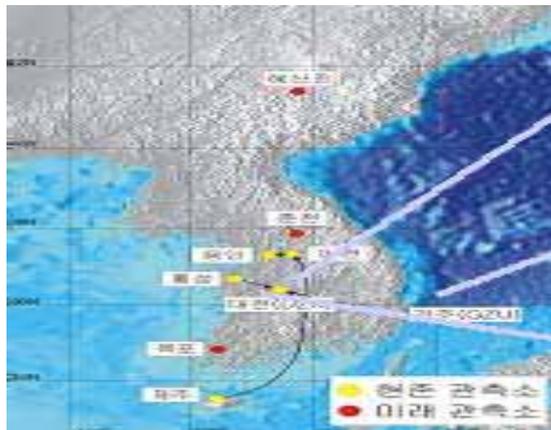


그림 1-46 한국의 지자기장 관측소

○ 응용분야

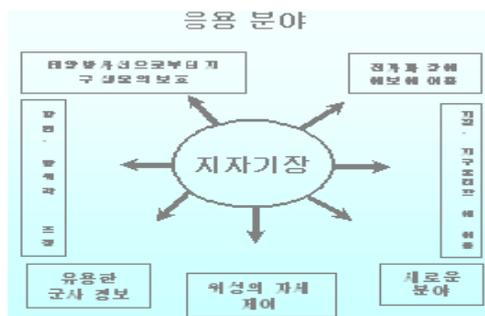


그림 1-47 지자기 관측 응용분야

나. 문제점

(1) 전파연구소 역량 부족

태양폭발 시 발생하는 태양전파와 고에너지 입자는 전리층 및 지자기 교란을 통해 지상의 무선 서비스에 심각한 장애를 야기하고, 최근 유비쿼터스화의 진전에 따라 새롭게 등장하는 다양한 유무선 서비스의 안정적 운용을 위해서는 우주전파환경에 대한 심도 있는 연구가 매우 중요하다. 이미 국내 현황에서 언급되었듯이 1966년부터 전파예보 업무를 실시해 온 전파연구소는 단파대역 최적 주파수를 군, 군, 방송사, 해운사 등 관련기관에 예보하는 능력은 보유하고 있으나, 1990년대 이후 새롭게 등장하고 있는 이동통신 무선서비스 및 위성통신 서비스에 영향을 미칠 수 있는 전리층 반사, 태양흑점 폭발, 태양 전파 및 지자기 폭풍 등 우주전파환경에 대한 관측 및 종합예보 수행은 불가능한 상태이다.

특히 학계와 언론에서 우려를 표명하고 있는 2012년 '태양활동 극대기'에 대한 우주환경 변화에 대해 국가적인 차원에서 체계적으로 대응하지 못할 경우 심각한 경제·사회적 피해가 예상되고 있으나, 현행 전파연구소의 조직규모(1개과 7명)와 관측시설로는 이러한 우주전파 환경 변화에 효율적으로 대응하기 어렵고 현재 전파연구소의 보유시설은 태양폭발에 대한 단순 관측업무만 가능할 뿐이다.

< 2012년 태양활동 극대기 관련 주요 언론보도 >

- ▶ 대규모 정전사태와 방송·통신장애 등 수백억달러의 피해를 야기할 것으로 예상되는 강력한 태양폭풍이 2012년 지구를 삼킬 것 (조선일보 등, '06.5.4)
- ▶ 2012년 태양폭발은 GPS시스템에 의존하고 있는 항공기 항법장치 및 응급 위치정보시스템에 치명적 장애 초래 (New Scientist Space, '06.9.29.)
- ▶ 2012년 중반께 태양활동이 절정에 달할 것이며 이로 인해 2천억 달러 이상의 인공위성 피해가 예상, 또한 점차 많은 기기들이 태양의 영향에 민감하게 반응하기 때문에 태양폭발 규모가 크지 않아도 큰 피해 예상 (abc NEWS , '07.4.25)

“(표 1-13) 우주전파환경 분석 시스템 구축 국내외 기술현황” 및
 “(표 1-14) 국내외 우주전파환경 예보기관 현황”에서 보여주고 있듯이 전
 파연구소를 포함한 국내기관의 우주전파환경 관측, 분석 및 예보 능력은 외
 국기관에 비해 기술, 시설 및 인력 모든 면에서 부족한 실정이다.

따라서 이러한 전파연구소의 문제점을 극복하기 위해서는 우주전파
 환경예보센터 설립을 통한 우주전파환경 관측시설 및 관측/분석 전문인력
 확충으로 국가차원의 예·경보 체계 운영, 첨단 관측기술 개발, 다양한
 국제 활동 등 우주전파환경 관측 및 예보 역량을 확보하는 것이 시급히
 요구되고 있다.

표 1-13 우주전파환경 분석 시스템 구축 국내외 기술현황

| 관련 기술 수준 | 국 내 | | 국 외 | |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| | 관련기관 | 기술현황 | 관련기관 | 기술현황 |
| 우주전파환경 예보기술 | 전파연구소 천문연 | 초보단계 | 미국 NOAA SWPC 일본 CRL 호주 IPS Space & Radio 유럽(스웨덴, 프랑스 등) | 응용단계 응용단계 응용단계 완성단계 |
| 우주공간환경 분석기술 | 전파연구소 천문연 자원연구소 인공위성센터 | 초보단계 초보단계 초보단계 초보단계 | 미국 NASA, 관련대학 일본 CRL, 관련대학 호주 IPS Space & Radio 유럽(스웨덴, 프랑스 등) | 응용단계 응용단계 응용단계 완성단계 |
| 위성궤도환경 분석기술 위성체 환경영향 분석기술 | 한국전자통신 연구원 | 초보단계 | 미국 NOAA, NASA 러시아 IKI 일본 CRL, LASA, ASDA | 응용단계 응용단계 응용단계 |

- ※ NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration
- ※ SEC : Space Environment Center
- ※ NASA : National Aeronautics & Space Environment
- ※ CRL : Communication Research Laboratory
- ※ LASA : Institute of Space Astronautical Science
- ※ IKI : Space Research Institute (Russia)

표 1-14 국내외 우주전파환경 예보기관 현황

| 구 분 | 미 국 | 영 국 | 호 주 | 일 본 | 한 국 |
|-------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 기 관 명 | SWPC | RAL | IPS | NICT | RRA |
| 설립연도 | 1945 | 1921 | 1949 | 1952 | 1966 |
| 연구인력 | 74명 | 100여명 | 50여명 | 40여명 | 7명 |
| 보유시설 | 50여종 (전리층관측기, GOES 위성 등) | 30여종 (전리층관측기, SOHO 위성 등) | 20여종 (태양관측소, TIGER 위성 등) | 30여종 (태양관측소, SELENE 위성 등) | 4종 (태양관측기, 전리층관측기 등) |

(2) 전파연구소와 천문연구원의 업무 유사성

현재 우주전파환경 관측 결과에 대한 우주전파환경 예·경보가 전파연구소와 천문연구원에서 홈페이지를 통해 제공하고 있다. 그러나 우리나라의 우주전파환경 예·경보 체계는 SWPC(미국), IRF(스웨덴), IPS(호주), NICT(일본) 등과 같은 외국기관에 비하면 아주 미흡한 상황이다. 외국기관과 마찬가지로 우리나라의 우주전파환경 예·경보 공식 기관은 전파연구소이나, 천문우주연구원에서도 우주전파환경 예·경보를 위한 우주전파환경 연구를 수행하고 있어 의견상 양 기관이 유사한 우주전파환경 업무를 수행하고 있는 것으로 보이고 있다. 따라서 우리나라의 우주전파환경 예·경보 체계 구축을 위해 두 기관의 업무를 사전에 정의하여 불필요한 유사업무 지양과 상호 보완적인 업무 및 역할 분담이 필요하다.

전파연구소는 방송통신위원회 산하 정부기관으로 우리나라 우주전파환경 예·경보 공식기관이다. 이에 따라 전파연구소는 기관고유 업무로 1966년부터 전파환경의 지속적인 관측과 이에 따른 예·경보를 수행하는 역할을 수행하여 왔다. 그러나 1990년대 새로운 전파환경으로 등장한 이동통신 무선서비스 및 위성통신 서비스와 2000년 이후 다양한 유무선 통신 서비스를 하나의 네트워크로 묶는 유비쿼터스 환경으로의 진화가 이루어지고 있는데 대해 전파연구소에서의 우주전파환경 관측 및 예·경보

는 우주전파환경에 대한 심도 있는 연구를 통해 제공되어야 하지만 시설 및 인력이 부족한 실정이다. 또한 전파연구소가 지난 1966년부터 관측해 온 전리층 자료는 국제적으로도 매우 가치 있는 자료이지만, 현재까지는 그 자료의 가치들을 국내 또는 국제 관련 커뮤니티에 알리고 제공하는 업무에 많은 노력을 기울이지 못하고 있다.

천문연구원은 정부출연 연구기관으로 천문 및 우주환경 분야에 대한 다양한 연구를 수행하는 기관으로 태양에서 고층대기에 이르는 다양한 분야를 연구하고 있으며, 이를 위한 다양한 우주환경 분야의 장비를 구축하고 있다. 또한 천문우주 분야 연구 분야에 대해 국제적 인지도를 가지고 국제협력을 수행하고 있으나, 기관의 성격 상 연구 사업을 근간으로 수행되는 제한사항으로 인해 우주전파환경 관측시설 및 인력의 상시 운영을 할 수 없는 제한사항이 있다.

따라서 전파연구소와 천문연구원 간의 기관 성격 및 기능이 고려된 두 기관 간의 상호보완적인 업무 분담 설정을 통해 각 기관의 장점을 극대화한 효율적인 우주전파환경 예·경보 체계를 구축하는 것이 필요하다. 예를 들어 전파연구소에서 미 보유 시설을 천문연구원에서 보유하고 있는 경우 천문연구원에 상시 위탁운영 한다든지, 천문연구원에서 개발하는 우주전파환경 예측모델을 전파연구소에서 검증을 통해 실제 우주전파환경 예측에 활용하여 우리나라 우주전파 예·경보에 활용하는 등 양 기관의 능력을 상호협력 하에 최대한 활용할 수 있는 방안 수립이 요구된다. (표 2-1 참조)

(3) 국내 유관기관과의 데이터 교환 및 공유 체제 미비

우리나라에서 현재 관측되고 있는 우주전파환경 중 지자기 관측과 전리층 밀도 관측은 전파연구소 외에 천문연구원, 한국지질자원연구원, 한국항공우주연구원, 한국해양연구원 부설 극지연구소, 해수부 등에서 각 기관 수행목적에 따라 지자기 관측시설 및 전리층 밀도 관측시설을 설치하여 업무를 수행하고 있다.

현재 국내 각 기관에서 수행되고 있는 관측으로는 국지적인 현

상을 관측할 뿐 한반도 전체를 관측하는데 한계가 있다. 따라서 각 기관에서 설치하여 운영하고 있는 관측시설의 통합 운영 또는 관측결과 교환을 통한 공유 체계를 구축하여 운영할 수 있다면 관측결과의 정확성을 향상시킬 수 있을 뿐 아니라 관측범위도 한반도 전역으로 확대될 수 있다. 그러나 국내 기관에서 생성되고 있는 지자기 관측 데이터 및 전리층 밀도 관측 데이터의 통합 및 관리를 위한 체계가 없어 현재 국내 각 기관에서 보유하고 있는 지자기 관측 데이터 또는 전리층 밀도 관측 데이터는 각 기관의 수행목적에 따른 분석에 사용된 후 해당 기관 별로 자료관리가 이루어지고 있다.

따라서 국내 지자기 및 전리층 밀도 연구의 상호 교류 및 연구 성과의 극대화를 위해 국내 각 기관에서 관리되고 있는 시설의 필요 시 공동 활용 및 관측데이터의 상호 교류와 공유를 위한 체계구축이 요구되며, 우리나라 우주전파환경 예·경보 발령 공식기관인 전파연구소가 주축이 되어 주도적으로 지자기 및 전리층 밀도 시설 및 관측 데이터 통합 관리 체계를 구축하는 것이 중요하다.

제 2 장 국내 우주전파환경연구센터 설립 타당성

제 1 절 설립 필요성 및 목적

최근 본격적인 유비쿼터스 시대가 시작되었고, 기술의 발달로 인해 사회에 깊숙이 퍼져있는 각종 전파기반 서비스 이용의 증가에 따라 여기에 크고 작은 영향을 미칠 수 있는 태양 전파, 전리층 등 우주 전파환경 연구의 중요성이 증가하고 있다. 앞서 설명한 바와 같이 태양 활동 증가에 따라 태양전파 노이즈 및 지자기 폭풍에 의한 지상 무선통신 장애 문제는 절대 간과할 수 없는 중요한 사안이고 유무선 통신서비스가 하나의 네트워크로 묶이는 유비쿼터스로의 진전으로 태양폭발 등 급격한 우주전파환경 변화에 체계적으로 대비하지 못할 경우 심각한 물리적, 경제적 피해가 사회전반으로 확산될 수 있다. 또한, 우주시대를 맞아 인공위성의 안정적인 운용과 우주-지구간 통신 신뢰성 보장 등을 위해 우주전파환경 연구가 더욱 필요한 상황이다.

미국, 유럽, 영국 등의 선진국은 우주환경변화에 따른 사회·경제적 피해의 심각성을 인식하여 범국가적인 차원에서 우주전파환경 연구를 위한 관측을 수행하고 연구결과를 바탕으로 예·경보 체계를 구축 및 발표하여 자국 내 관련 기관 및 주요 과학 장비들의 피해가 최소화 될 수 있도록 하고 있다. 특히 우주전파환경 선진국들은 SWPC(미국), CSWFC(캐나다), IRF(스웨덴), ESA(유럽), IPS(호주), SEPC(중국), NICT(일본) 등의 전담 조직들을 설립하여 체계적이고 종합적인 우주전파환경 예보 및 연구를 수행하고 있다. 태양활동은 약 11년 주기로 극대기가 도래하는데 학계에서는 다음 극대기(2012년)가 종래 가장 강력했던 1859년의 위력에 버금갈 것으로 전망하고 있다. 이에 선진국들은 태양활동에 대한 예측기능 강화를 위해 미국, 일본, 유럽 등이 공동으로 STEREO 위성(태양관측), 신규 GOES 위성(태양 X-ray 관측) 등의 발사를 추진하며 2012년 태양활동 극대기를 대비하여 우주전파환경 연구 활동을 강화하고 있다.

우리나라의 경우 1966년부터 전파연구소에서 ionosonde를 이용한 전리층 관측을 시작하고 그 이후 몇 가지 장비들을 추가하여 우주전파환경 예보업무를 수행하고는 있으나 국제적인 수준에는 현저히 미흡한 실정이다. 따라서 2012년 태양활동 극대기로 인한 사회적 피해 최소화와 안정적인 유비쿼터스 통신환경 구현을 위해서는 체계적인 우주전파환경 연구와 신뢰성 있는 우주전파예보 서비스를 위한 우주전파환경 전담 조직 설립이 필수적인 상황이다.

제 2 절 국내 관련 연구기관의 기능

1. 전파연구소

가. 역할 및 기능

- 국내 전파 및 방송, 통신 관련 우주전파환경 상시 예·경보

나. 예보대상

- 국내 이온층 및 통신방송위성 운용 관련

다. 예보에 필요한 상시 관측

- Ionosonde 및 GPS를 이용한 이온층 관측
- Scintillation monitor를 이용한 전파 교란 관측
- 태양
 - 이온층 변화에 직접적인 변화를 미치는 태양폭발 현상 (광학) 및 전파 잡음 상시 관측
 - 태양풍에 의한 간접적 효과에 대한 태양활동 관측
- 지자기
 - 이온층을 비롯한 우주환경의 변화 관측

- 방송, 통신위성 운용 자료 확보
 - 우주환경의 변화에 따른 방송, 통신위성의 운용 현황 감시

라. 예보모델 검증 및 활용

- 국내 대학 및 연구소에서 개발한 모델 검증 및 채택
- 관측데이터를 이용한 활용 예측모델 정확성 향상

마. 상시 관측 및 예보

- 이온층/전파통신 예보를 위한 모델 개발 및 한반도 대상 상시 예보
 - 천문연을 비롯한 외부 관측자료 병행 활용
- 국내 방송, 통신위성의 안정적 운용에 필요한 경보 안내 시스템 운영
 - 천문연을 비롯한 외부 관측자료 병행 활용
- ISES의 RWC 운영
 - 국내 우주전파환경 관측데이터 교환 및 공유 시스템 운영
 - 국내 서비스 중심 기관 역할

2. 천문연구원

가. 역할 및 기능

- 태양에서 고층대기에 이르는 우주환경 전 요소의 연구

나. 연구대상

- 세계 전 지역을 대상으로 태양, 자기권, 이온층, 고층 대기 연구

다. 연구에 필요한 관측

- 기 확보된 관측 장비를 이용한 연구수행을 위한 수시관측
- 전파연구소와의 협력을 통한 상시관측
- 국제협력을 통한 해외관측 자료 확보

라. 예보 모델 개발

- 국내 우주전파환경 예보모델 개발
- 한반도가 대상이 아닌 global 예보 모델 개발

마. 관측자료 제공

- ISES에 다양한 우주전파환경 관측자료 제공

표 2-1 자문위원회에서 제시한 전파연구소와 천문연구원의 업무 및 역할 분담(안)

| 기관 | 전파연구소 | 천문연구원 | 비고 |
|------------|---|---|---|
| 명칭 | 우주전파예보센터 | 우주환경연구센터 | 우주환경예보 위한 전담연구기관 절대필요 |
| 기능 | <ul style="list-style-type: none"> - 우주전파 예경보 전담 서비스기관 - 우주전파 예경보를 위한 상시 감시 및 관측 - 예보모델 시스템 운영기관 - 관측위성 개발 기획조정 - 국제공동연구 참여 - ISES RWC 공동운영 | <ul style="list-style-type: none"> - 우주환경 전담 연구기관 - 우주환경 수시 감시 및 연구 관측 - 예보모델 개발 연구기관 - 위성 탑재체 개발 - 국제공동연구 참여 - ISES RWC 공동운영 | 양 기관의 역할은 기관 고유기능 및 역할에 따른 상호 보완 |
| 관측 장비 및 시설 | 상시관측 | 연구관측(수시관측) | |
| 태양관측 | <ul style="list-style-type: none"> - 태양전파관측 - 태양전파 경보시스템 - 2.8GHz 태양전파플럭스 관측 - 태양 흑점관측 - 태양풍 관측 | <ul style="list-style-type: none"> - 태양흑점 관측 - 태양분광망원경 - 태양플레어 망원경 - 전천 카메라 | 전파연은 태양전파관측, 천문연은 태양광학관측으로 관측업무가 확연히 구분 |
| 전리층 관측 | <ul style="list-style-type: none"> - 전리층 관측기 - 전리층 전자밀도 관측기 | <ul style="list-style-type: none"> - 단파레이더 - 신틸레이션 모니터 - 전리층 전자밀도 관측기 | |
| 지자기 관측 | <ul style="list-style-type: none"> - 지자기 관측(3곳) | <ul style="list-style-type: none"> - 지자기 관측(1곳) | 지자기 관측은 주위 환경에 매우 민감하여 천문연은 백업 기능 |

3. 한국전자통신연구원

가. 역할 및 기능

- 우주환경이 지상전파환경에 미치는 영향 연구추진

나. 연구내용

- 전리층 교란이 전파통신 및 항법신호에 미치는 영향 연구
- 전파통신 예경보 모델링 개발을 위한 사용자 요구사항 분석
- 우주방사선이 위성에 미치는 영향 연구
- 우주전파환경의 변화가 위성통신에 미치는 영향연구
- 태양관측위성 개발 및 위성수신시스템 연구
- 예경보모델 개발 및 관측위성 개발 로드맵 연구

4. 기타 연구기관 (지질자원연구원, 극지연구소 등)

가. 역할 및 기능

- 지자기 관측 및 전리층 밀도 관측 데이터 제공 및 공유

나. 연구에 필요한 수시 및 상시 관측

- 기 확보된 관측 장비를 이용한 연구수행을 위한 수시 또는 상시 관측
- 전파연구소와의 협력을 통한 상시관측

다. 관측자료 제공

- 전파연구소를 통한 ISES에 우주전파환경 관측자료 제공

제 3 절 활용 및 기대효과

- 과학 기술적 측면

- 예보기술의 자립화를 통해 예보서비스의 외국 의존 탈피
 - 우주개발 기술의 경쟁력 증대를 통해 우주강국 진입토대 마련
 - 위성관측, 지상관측, 모델링 등 다양한 첨단 우주전파환경 기술력 확보
- 국가 안보적 측면
 - 유무선 유비쿼터스 통신 서비스 장애 피해 최소화
 - 신뢰성 있는 예보서비스를 통해 다양한 우주개발활동 강화
 - 위성, 전력, 송유 시설 등 국가 기간시설의 피해 최소화
 - 독자적인 예보 서비스를 통해 군의 능동적인 우주전략 수립 지원
- 대내외적 측면
 - 선진 연구기반 조성을 통한 국내 연구 활성화 주도
 - 국제 공동연구 및 기구 활동을 통한 국제적 역량 과시
 - 예보기술의 자립화를 통한 국민의 자긍심 고취

제 3 장 우주전파환경연구센터 설립 추진 방안

제 1 절 센터의 목표, 역할 및 기능

1. 센터의 목표

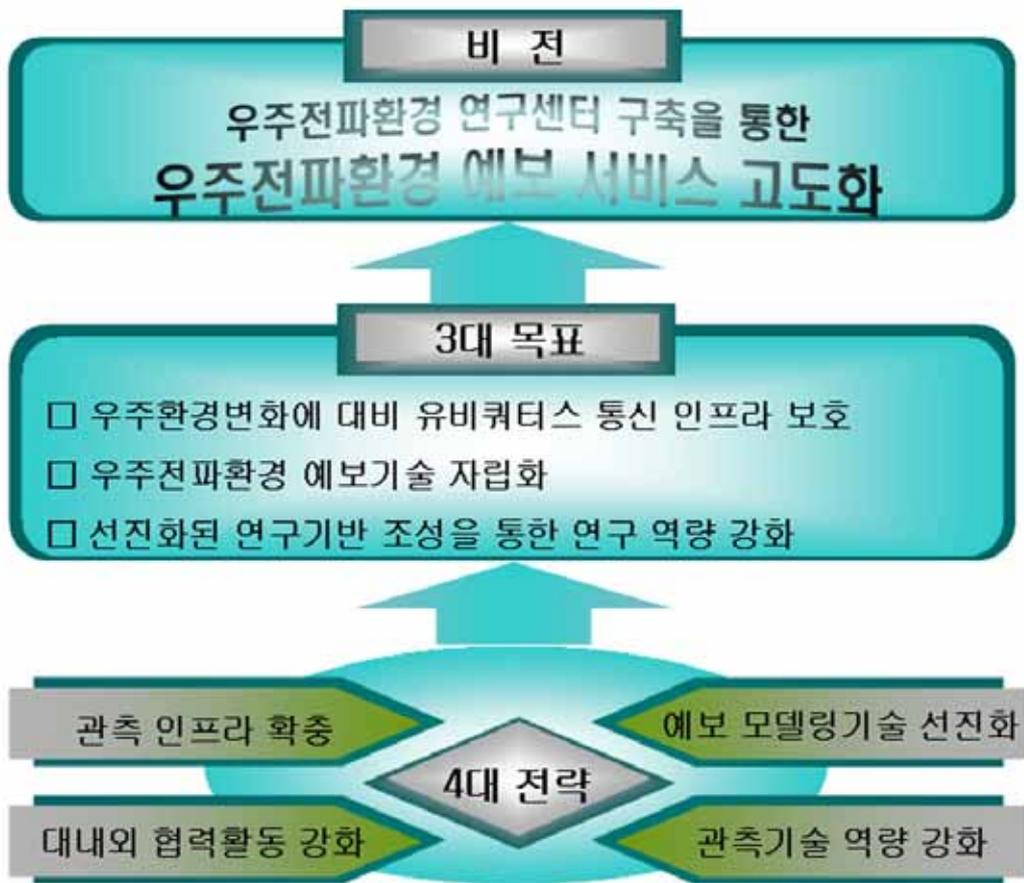


그림 3-1 우주전파환경 연구센터의 비전 및 목표

2. 센터의 역할

가. 센터의 대내적 역할

- 각 연구기관 축적 데이터 통합 관리
 - 선진국의 우주전파환경 연구 전담 기관과 마찬가지로 국가적인 차원에서 우주전파환경 변화에 대해 관측 및 연구하고 그로인한 사회·경제적 피해를 최소화 할 수 있도록 우주전파환경에 관한 자료 및 정보 제공
 - 국내 연구기관의 우주전파관측 데이터 교환 및 공유 시스템 운영
- 우주환경예보를 위한 상시 감시 및 관측
 - 지속적으로 관측을 수행하며 국내·외 관측자료 모니터링 및 준실시간 우주환경 경보등급 결정
- 예보모델 시스템 및 관측 위성 운영
- 우주전파환경 예보서비스 전담기관으로서 공공적 역할
 - 국내 보유 관측 장비의 계획적 운용 및 조화
 - 관측 데이터의 상호 호환성을 유지하기 위한 표준화 작업
 - 연구 결과물을 최종 취합하여 사용자에게 실질적인 서비스 제공
 - 우주전파환경 업무의 홍보 및 방문자 교육 실시
 - 연구진과 실수요자간의 유기적인 연결 통로 역할
 - 우주과학 발전의 중심적인 역할

나. 센터의 대외적 역할

- 국제적 우주환경 관측자료의 교환 및 관리를 위한 국가 대표기관
- 선진국 전담 예보센터와의 공동연구 창구

3. 센터의 기능

가. 기술개발

- 국내 관측위성 개발 기획·조정
 - 국가 전담기관으로서 우주전파환경 관측 위성 개발에 대한 중장기 계획 수립·추진
- 관측위성 및 센서기술 개발
 - 해외의 관측센서 기술동향 조사 및 국내 개발 가능성 검토 및 개발 로드맵 수립
- 해외 관측위성 개발 프로젝트 공동 수행
 - 외국 관측위성 프로젝트에 대한 현황조사 및 참여 타당성 검토
- 관측시설 유지, 운용기술 개발
- 첨단 관측기술 개발
 - 자체 유지 보수 및 개발 역량 확보를 위한 운용 관측장비에 대한 주기적인 기술교육 및 선진기술 벤치마킹
 - 관측 기술 전문가 양성을 위한 장비 제작기관 운용교육 참여 및 관련 해외 연구기관과 인력교류
- 산업체와 공동 프로젝트 수행

나. 상시관측

- 태양전파 노이즈 관측 및 경보
 - 태양 폭발에 의한 무선통신 주파수의 영향 분석 및 경보
- 태양전파관측 및 폭발유형 분석
 - 폭발 유형별 전리층에 미치는 영향 분석 및 경보
- 2.8GHz 태양전파 절대 플럭스 관측 및 분석
 - 태양활동 변화 측정을 통해 전파 예보에 활용
- 전리층 관측 및 분석
 - 전리층 변화가 단파통신에 미치는 영향 분석 및 예보

- 전리층 전자밀도 관측 및 분석
 - 전리층 총 전자밀도를 관측하여 GPS 서비스에 미치는 영향 분석
- 지자기 관측 및 분석
 - 우주환경 변화에 따른 지구 자기장 변화량 및 지자기 폭풍세기 측정

다. 예보 시스템 개발 및 검증

- 태양활동 예보 모델 개발 및 검증
- 전리층 예보모델 개발 및 검증
- 지자기 예보 모델 개발 및 검증
- 관측 자료와 모델과의 비교·분석
- 우주환경 모델 개발 국제 협력

라. 예·경보 서비스

- 전파환경 예·경보 서비스
 - 각종 관측 자료들을 수집·분석하여, 상황에 따라 다양한 방법으로 관련 사용자들에게 정보 제공(홈페이지, SMS, e-mail 등)
- 우주전파환경 캐스트 서비스
 - 우주전파환경의 실시간 변화를 일반 국민들이 알기 쉽게 제공
- 관측자료 수집·분석 및 관리
 - 우주전파환경 감시 및 예·경보 서비스와 RWC 직무 수행
- 우주전파환경 홈페이지 관리
 - 우주전파환경 및 지자기 정보 실시간으로 제공
- 긴급상황 전파체계 운영
 - 긴급상황의 효과적인 전파 및 관리 체계 구축 및 운영
 - 군, 통신사, 전력회사 등 유관기관과 공조체계 구축 및 Hot-Line 운영
- 국가 차원의 우주전파환경 Contingency Plan 수립·운영
 - 국가 우주전파환경 Contingency Plan 수립
 - 국내 주요기관 자체 대응 계획 의무적 수립 권고

제 2 절 센터설립 세부 추진 전략

1. 우주전파환경 관측 인프라 확충

1-1. 태양전파 관측 및 분석 시스템 구축

가. 태양전파 관측 현황

무선통신에 직·간접적으로 영향을 미치는 태양전파의 관측 및 연구를 위해 전파연구소는 이천분소에 태양전파 분광관측기 및 2.8GHz 태양전파 절대플릭스 관측기를 설치·운영하고 있다.

(1) 태양전파 관측기

전파연구소는 1995년에 세 개의 안테나로 30MHz ~ 2500MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 광대역 태양전파분광시스템(Solar Radio Spectrograph)을 이천분소에 설치하였다. 대수주기 안테나(Log Periodic Antenna)는 30MHz~100MHz, 10m 파라볼릭 안테나는 100MHz~500MHz, 그리고 6m 파라볼릭 안테나는 500MHz~2500MHz 대역의 전파를 수신한다.



그림 3-2 6 m 파라볼릭 대수주기 안테나



그림 3-3 10 m 파라볼릭 안테나

(그림 3-4)에서 태양전파 관측기로 얻어진 자료가 처리되는 과정을 보여주는데, 각 안테나에 수신된 전파는 하이브리드(Hybrid)를 거치면서 좌·우 원편광 성분으로 분리되며, 각 편광전파는 강한 인공신호를 제거하기 위한 필터, 신호의 세기를 증폭하는 저잡음 증폭기(LNA)를 거쳐 스펙트럼 분석기에 입력된다.

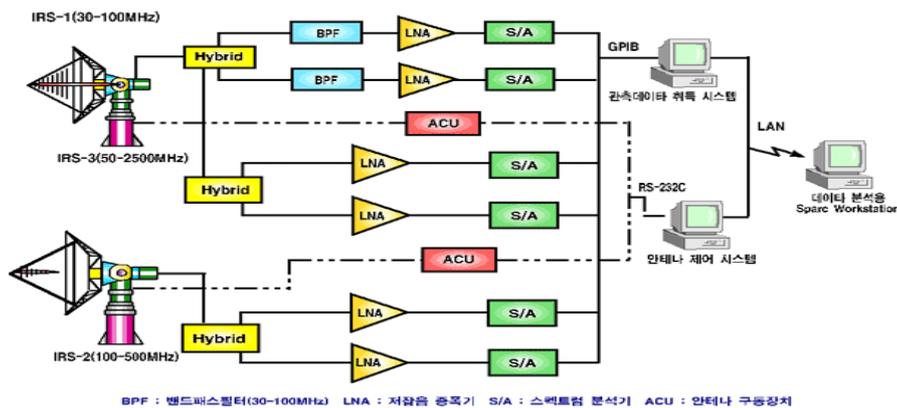


그림 3-4 태양전파 관측시스템 및 자료처리 구성도

관측은 안정된 관측시스템 운용과 관측 자료의 정확한 처리·분석을 위하여 개발된 소프트웨어에 의해 데이터 취득에서부터 자료 처리·분석 및 실시간 데이터 서비스에 이르기까지 모두 자동으로 이루어진다.

(2) 2.8GHz 태양전파 절대플럭스 관측기

2.8GHz 태양전파 관측은 태양 X-ray 등 지상에서 관측할 수 없는 다양한 태양활동 현상의 간접 관측 효과를 나타낸다. 또한 태양흑점, 전리층 및 지자기의 변화와 상관관계가 매우 높아 우주전파환경 연구에 필수적인 관측시설이다.

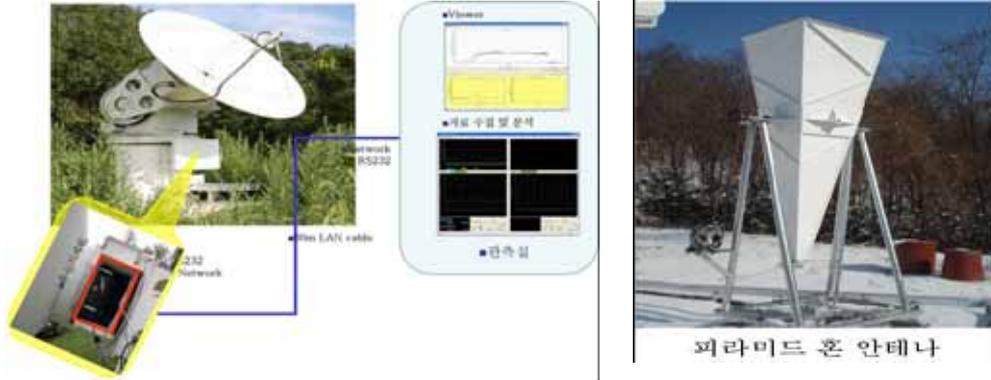


그림 3-5 2.8GHz 태양전파 수신시스템

표 3-1 태양전파 관측 안테나 성능 및 특성

| 항 목 | 성능 및 특성 |
|--------------|---------------------|
| 주파수 범위 | 2.827 GHz |
| 안테나 직경 | 1.8M |
| 이득 | 31.4 dB |
| 빔폭 | 4° |
| 정재파비 | ≤1.5 : 1 |
| 안테나 지향정밀도 | 50 arcsec (No wind) |
| 방위각 운용범위 | -170 ~ +170 |
| 앙각 운용범위 | -5 ~ +90 |
| 최대 방위각 이동 속도 | 3 deg/sec |
| 최대 고도각 이동 속도 | 3 deg/sec |
| 직경 / 적위 직교성 | 3 arc min. |
| 운용 온도 | -20℃ ~ +40℃ |
| 생존 풍속 | 60 m/s |

나. 문제점

- 기존의 태양전파 관측기는 태양폭발 유형분석만 가능하기 때문에 여러 종류의 무선서비스에 미치는 다양한 태양전파의 영향을 분석하는데 한계가 있음
 - 주변의 인공잡음이 배제된 태양전파의 절대값을 관측하여 신속한 태양전파 노이즈 스펙트럼 특성을 분석하는 것이 필요
- 2.8GHz 태양절대플럭스 관측기는 설치환경에 매우 민감하여 복수의 관측기를 추가 설치하여 관측자료 비교를 통한 신뢰성 제고 필요
- 복수의 2.8GHz 태양절대플럭스 관측기를 운영함으로써 한 쪽의 기기에 문제가 생기더라도 상호 백업기능을 통하여 자료의 공백이 없이 지속적인 관측을 하는 시스템이 필요

다. 향후 추진방안

(1) 태양전파 스펙트럼 분석 시스템 구축

- 급격한 태양폭발에 따르는 태양전파로부터 지상 무선통신 서비스에 대한 영향을 분석하여 간접 경보를 제공
 - 18GHz까지 태양전파 분석을 통해 다양한 무선서비스에 대한 태양전파 경보서비스 실시

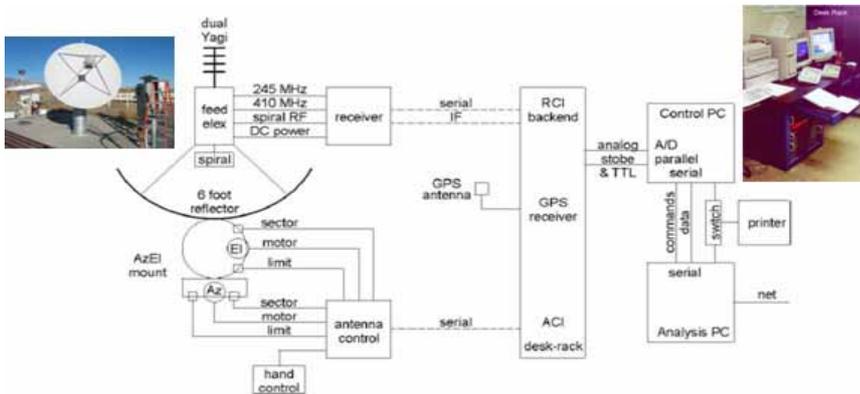


그림 3-6 태양전파 스펙트럼 분석 시스템 구성도

(2) 2.8GHz 태양전파 절대플럭스 관측기 추가 설치

- 신뢰성 있는 태양활동 감시와 태양전파 관측 자료의 공백이 없도록 지속적인 관측을 위해 현재 이천에 설치되어 있는 1기 외에 우주전파환경연구센터에 추가 설치(1기 → 2기)
 - 복수의 관측기로부터 측정된 관측 자료의 상호 비교·분석을 통해 관측 신뢰성 확보 가능
 - 한 장비에 이상이 생기더라도 태양 활동 감시 및 관측 자료의 공백 없이 지속적인 관측 가능

(3) 태양흑점 관측기 설치

- 기존에 있던 태양흑점 관측기는 노후화로 인해 재사용이 어렵기 때문에 새로운 태양흑점 관측기가 필요
- 태양활동 감시의 가장 기본이 되는 태양흑점 관측을 지속적으로 수행하여 다른 태양활동 감시 기기의 관측 자료와 상호 검증 및 연구

1-2. 한반도 전리층 관측 체계 구축

가. 전리층 관측 현황

여러 형태의 태양폭발이 전리층에 미치는 영향을 분석하고, 전리층의 상태 변화가 인간 환경에 미칠 수 있는 영향을 연구하여 단파대역 전파예보에 활용하기 위해 안양에 전리층 관측기(Ionosonde) 1기를 설치·운영하고 있다.

(1) Ionosonde

Ionosonde 관측은 높이에 따른 전리층 플라즈마 전자밀도의 분포를 측정하기 위한 가장 기본적인 방법으로, 전파를 수직 입사하여 전

리층 내의 여러 전자층에서 반사되어오는 전파를 측정함으로써 전리층 내 전자들의 분포를 높이에 따른 함수로 나타내 준다. 전파연구소가 보유하고 있는 Ionosonde는 미국 메사추세츠 대학 로웰 대기연구센터(UMLCAR : Univ. of Mass. Lowell Center for Atmospheric Research)에서 제작한 Digisonde-256 모델로써, 관측 가능 주파수 sweep 범위는 0.1~30MHz이며 펄스 파워는 5kW, 밴드폭은 20kHz, 관측 주파수는 100kHz단위로 설정하여 기기를 운용하고 있다. Ionosonde로 관측한 결과를 나타낸 그림을 Ionogram이라고 부르는데, Ionogram은 반사되어온 전파가 수신된 결과를 나타낸 것이므로 이 그림을 해석하면 관측 당시의 전리층 상태를 추정할 수 있다.

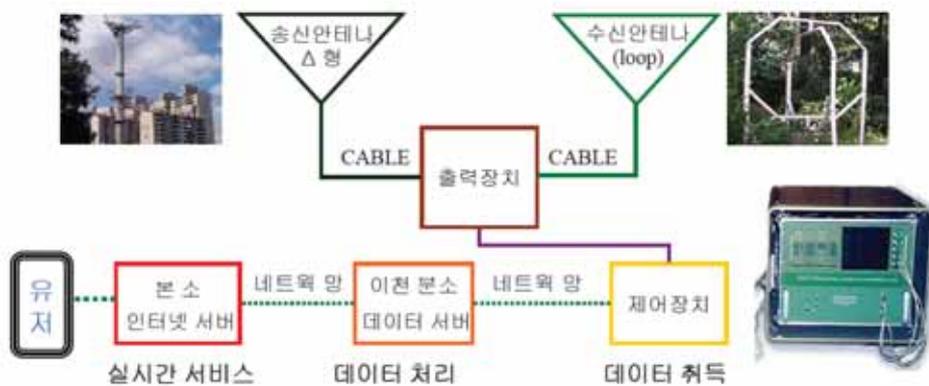


그림 3-7 전파연구소의 전리층 관측 및 자료 처리·서비스 흐름도

나. 문제점

- 현재 운용중인 전리층 관측기는 관측범위가 경인지역(안양) 상공 (200 km)에 한정되어 전국 범위의 전리층 관측·분석 불가
 - 현행 관측기는 단파대 최적주파수 관측용으로 특화되어 있어 GPS 신호 보정 등 다양한 전리층 응용연구 수행하기 어려움
 - 전리층의 전자밀도 변화는 GPS 신호를 왜곡하여 위치정보 등에 오차를 발생시키는 주요인 중의 하나임
- 국내 여러 기관에서 각 기관의 용도에 따라 전리층 전자밀도 관측기를 상당 수 설치하여 자료를 취득하고 있으나, 모든 전리층

자료를 통합·관리·제공하는 조직이 없기 때문에 자료 활용측면에서 비효율적임

다. 향후 추진방안

(1) 전국을 커버할 수 있는 전리층 관측체계 구축

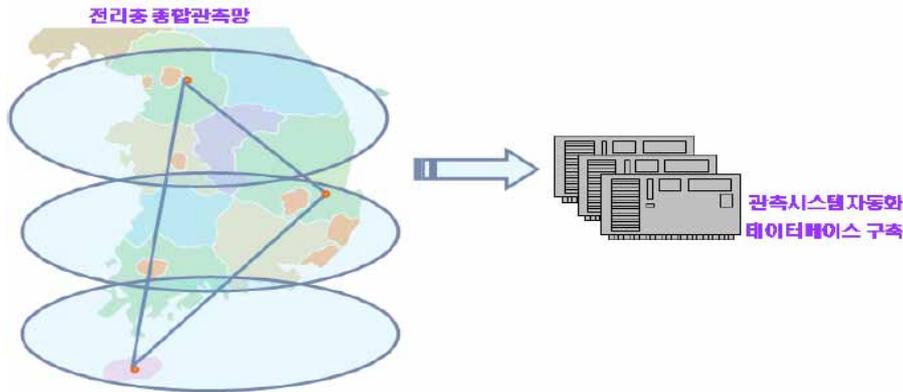


그림 3-8 한반도 전역 전리층 관측을 위한 종합관측망 구축도(안)

- 1단계로 남부지역의 전리층 관측을 위해 제주에 전리층 관측기 (300W급) 설치(2008년)
- 2단계로 한반도 주변 해상까지 관측이 가능한 10 kW급 고출력 전리층 관측기 도입(2011년)
- 울릉도 지역에 전리층 관측기를 추가 설치 할 경우 이천, 제주, 울릉, 세 위치의 전리층 관측기를 통해 우리나라 대부분의 지역과 주변 해상까지 모두 커버할 수 있음(실제 호주의 경우, IPSNet으로 네트워크가 구성된 Ionosonde의 설치 위치를 보면 내륙에는 거의 없고 대부분이 호주 가장자리의 해안 부근에 설치되어 있음)
- 전리층 관측 자료의 활용도 제고를 위해 산·학·연 협력체계 구축
 - 군, 항공사, 학계 등 전리층 정보 수요기관에 국내 전리층 관측 자료 및 최신 국제 전리층 동향 등을 실시간으로 제공
 - 전리층 관련 기반기술, 전리층을 이용한 미래 통신기술 개발 등에 대한 산·학·연 공동연구 추진

(2) 전리층 전자밀도 관측기 설치

- GPS 신호 보정 등 전리층과 관련된 다양한 응용연구를 수행할 수 있도록 단계적으로 10기의 전리층 전자밀도 관측기 도입
 - 전리층 전자밀도 관측기의 특성 상 관측기가 많으면 많을수록 더 높은 자료 신뢰도를 가짐
 - 우주전파환경 예보의 관점에서는 신뢰도 높은 전리층 전자밀도 계산이 매우 중요하기 때문에, 전리층 전자밀도 관측기의 단계적 설치와 함께 국내 모든 전리층 전자밀도 관측기로부터 나오는 자료를 여러 기관들이 서로 공유할 수 있는 네트워크 구성도 필요 함
- 전리층 전자밀도에 따라 전리층을 통과하는 주파수별 전파의 속도와 방향 등이 변화되므로 전리층 전자밀도 관측을 통해 다양한 분야의 전리층 연구 가능

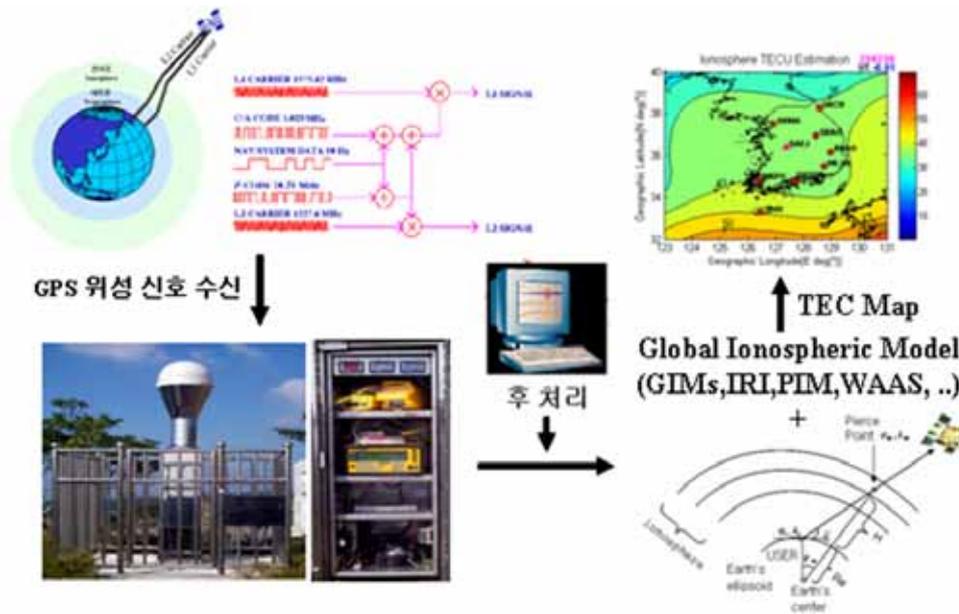
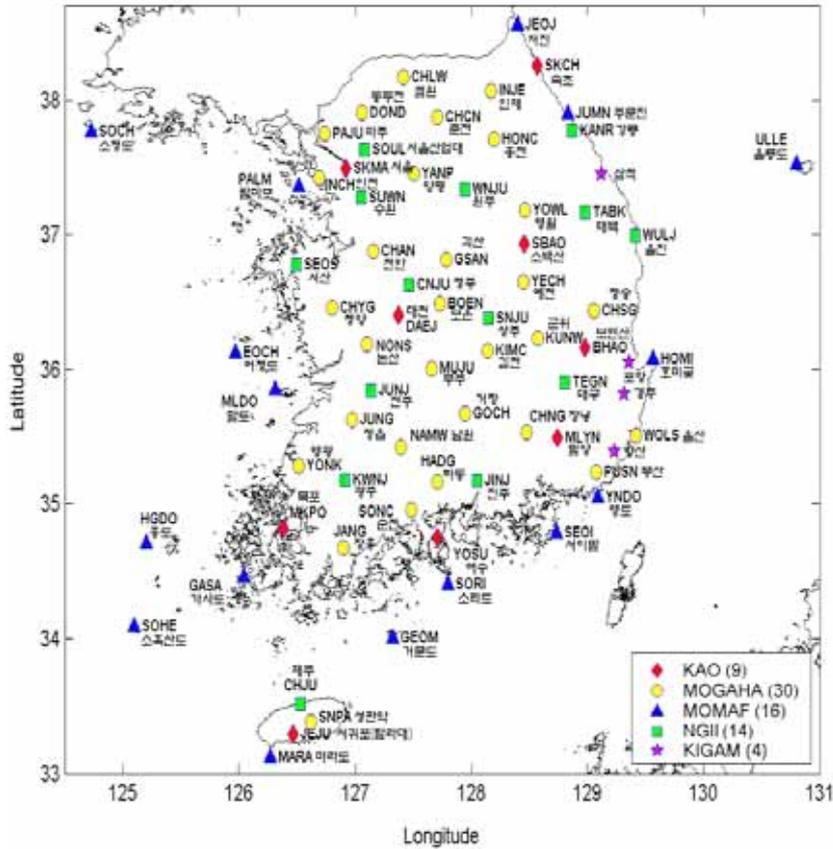


그림 3-9 전리층 전자밀도 관측 시스템 모식도



한국천문연구원 Korea Astronomy Observatory (KAO)
 행정자치부 Ministry of Government Administration and Home Affairs (MOGAHA)
 해양수산부 Ministry of Maritime Affairs and Fisheries (MOMAF)
 국토지리정보원 National Geographic Information Institute (NGII)
 한국지질자원연구원 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM)

그림 3-10 전국에 설치된 GPS 수신기 분포도

1-3. 지자기 관측 및 분석기술 개발

가. 지자기 관측 현황

우주전과환경 변화로 인한 지구 자기장의 실시간 감시를 위해 1996년부터 이천, 용인, 제주에 3기의 지자기 관측기를 설치·운영하고 있다.



그림 3-11 Magnetogram 관측소

표 3-2 지자기 관측소와 각 관측소의 좌표 정보(IGRF, 1995)

| Observatory | Symbol | Geographic | | Geomagnetic | | L-value (100KM) |
|-------------|--------|------------|-----------|-------------|-----------|---------------------|
| | | Latitude | Longitude | Latitude | Longitude | |
| ICHON | ICH | 37.15°N | 127.55°E | 30.63° | 199.88° | 1.37 R _⊕ |
| YONGIN | YON | 37.24° | 127.08° | 30.74° | 199.43° | 1.38 R _⊕ |
| CHEJU | CHE | 33.45° | 126.57° | 26.82° | 198.75° | 1.28 R _⊕ |

표 3-3 Magnetogram 사양

| | |
|------------------------|---|
| Fluxgate Sensor | <ul style="list-style-type: none"> - Ring core Type - 0.01nT (Resolution) - 1, 2, 4, 8 times/sec (option) - 0.22nT/°C |
| Proton Sensor | <ul style="list-style-type: none"> - 0.1nT (Resolution) - 1 time/10, 20, 30, 60 sec |
| Data Logger | <ul style="list-style-type: none"> - GPS Clock - RS232C External output - Flush Memory Card Driver(10Mb) |
| Power Supply | <ul style="list-style-type: none"> - 220V/24V |



그림 3-12 지자기 관측 시스템 구성도

나. 문제점

- 현행 시설은 도입한 후 특별한 성능개선 없이 10년 이상 사용하고 있어 관측 자료의 신뢰성 저하 우려
- 그간 연구인력 부족 등으로 관측 자료를 이용한 다양한 지자기 응용연구 없이 단순 관측 기능만 수행
 - 급격한 지자기 변화는 전리층 교란을 야기하여 우주-지구간 전파 통신에 장애를 초래하고 지표면에 강한 유도전류를 발생시켜 유선 통신망에 피해를 유발
- 현재 우리나라에는 모두 7기의 지자기 관측기가 설치되어 있지만, 여기서 나오는 자료들을 효율적으로 통합·관리하는 조직이 없음
 - 7곳의 관측기로부터 생성되는 자료를 통합·관리하며, 필요로 하는 기관 및 수요자들에게 체계적으로 제공하는 조직 필요

다. 향후 추진계획

- 지자기 관측의 신뢰성 향상을 위해 노후 시스템을 단계적으로 교체
 - 2007년 제주 → 2009년 용인 → 2010년 이천

- 지자기 관측 자료를 활용한 응용연구 강화
 - 관측된 자료를 토대로 정밀한 사후 분석이 가능하도록 분석프로그램 개선
 - 현행 지자기 분석 프로그램은 일단위 분석만 하고 있는데, 시간대별·강도별 다양한 분석이 가능하도록 개선
 - 지자기 관측자료와 태양전파 관측자료 간 비교·분석을 통해 대규모 태양폭발 및 지자기 폭풍 발생가능성 분석

- 국내 지자기 관측 표준기관으로서의 위상 정립



그림 3-13 전국에 설치된 각 기관별 지자기 관측기

- 지자기 관측기를 보유한 유관기관과 공유체계를 구축하는 등 국내 지자기 연구의 중심 역할 수행
- 국내 지자기 연구 결과를 토대로 국제 지자기 모델 개발에 참여

1.4. 태양풍 관측 시스템 구축

가. 태양풍 관측기(IPS ; InterPlanetary Scintillation)

- 태양에서 지구로 향하는 태양풍 및 CME(Coronal Mass Ejection) 관측
- 태양풍 3차원 밀도분포 및 이동 속도 자료 획득
- 관측 자료를 이용한 모델 개발을 통해 우주전파환경 예보능력 보유 가능
- ACE 위성의 임무 중단 후에도 태양풍 정보 획득 가능
- 일본, 호주, 인도 등의 장비와 공동 관측을 통한 국제 협력 가능
- 100m X 40m의 array 구조로서 비교적 대규모 관측 장비 임

(1) IPS 예상 관측 결과

- 태양-지구 사이 행성간 공간에 대한 태양풍 속도 맵

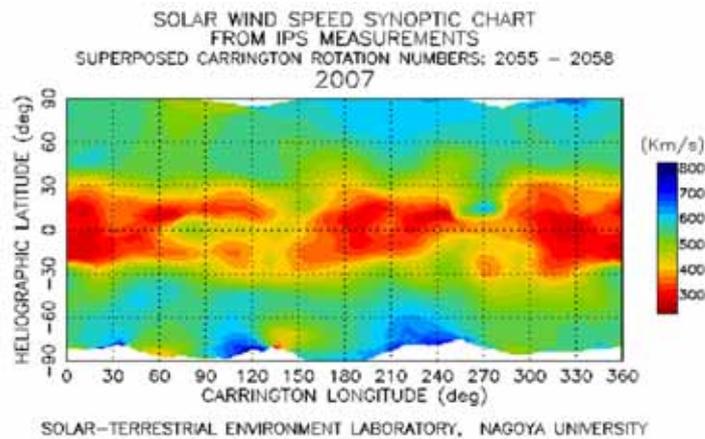


그림 3-14 IPS 관측으로부터 얻은 태양풍 속도 지도

- IPS 자료를 이용한 태양풍 속도와 g-value 예보

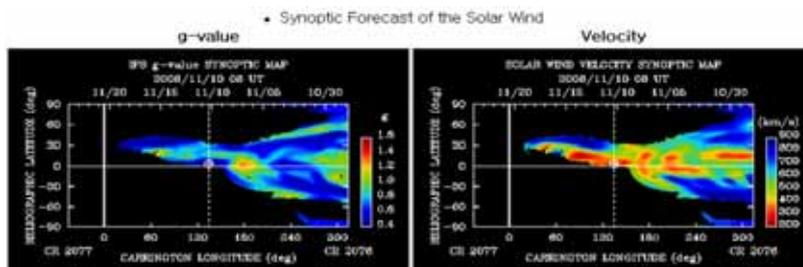


그림 3-15 IPS 관측으로 계산한 g-value 와 태양풍 속도 맵

$$g\text{-value} = \frac{\text{관측된 소스의 } scintillation\ amplitude \text{의 변화량}}{\text{오랫동안 관측한 소스의 평균 } scintillation\ amplitude \text{의 변화량}}$$

- IPS 자료를 이용한 지구 근방에서의 태양풍 속도와 밀도 예측

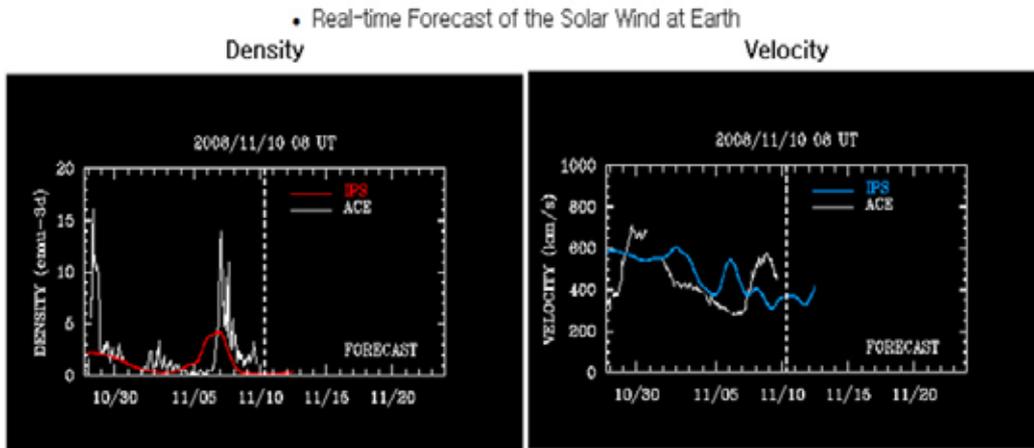


그림 3-16 IPS 자료를 이용한 지구 근처에서의 태양풍 밀도와 속도 예측

(2) 일본 나고야 대학 STEL 그룹의 태양풍 관측기 시스템

- 일본 STEL의 태양풍 관측기 시스템은 붙임10. 참고

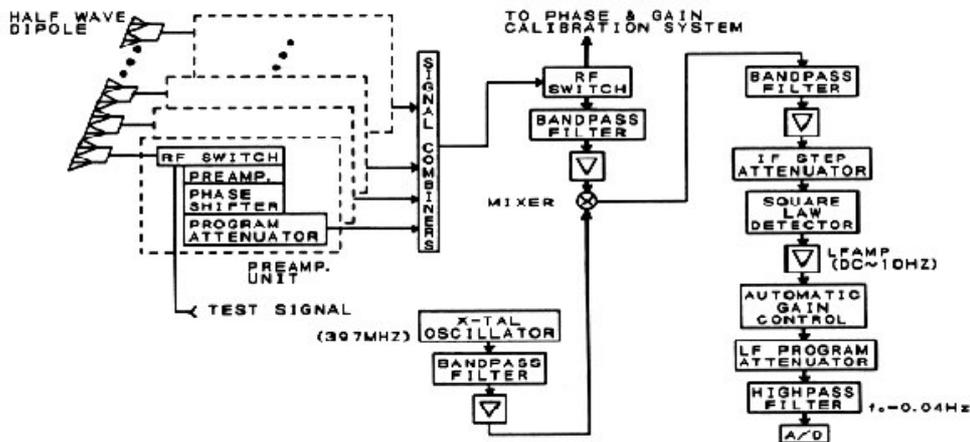


그림 3-17 IPS 안테나 수신신호 처리 개요도

나. 현황 및 문제점

- 현재 우리나라는 태양풍 관측기(IPS, InterPlanetary Scintillation)가 없으나, 일본, 영국, 인도 등의 나라에서는 태양풍 관측기를 이용한 태양풍 특성을 연구 및 우주전파환경 예보에 활용하고 있음
- 태양풍의 물리적 성질들은 우주전파환경 예보모델에 input 값으로 상당히 중요한 관측 자료임
- 태양풍 관측기가 없는 우리나라의 현 상황의 경우, 우주전파환경 예보를 위해서는 미국 위성이 관측하여 취득하고 있는 태양풍 자료에 절대적으로 의존해야 하는 상황임

나. 향후 추진방안

- 일본 나고야대학 STEL의 태양풍 관측기 중, 기존의 안테나보다 공간분해능이 뛰어난 신형 IPS 안테나를 설치한 Toyokawa 관측소의 IPS 시스템을 모델로 제주부지에 IPS 설치

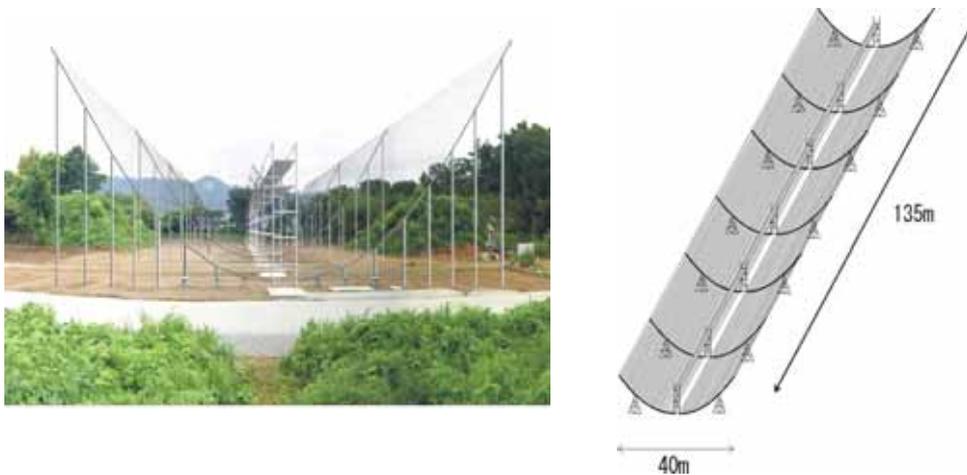


그림 3-18 일본 Toyokawa 관측소에 설치한 신형 태양풍 관측기(IPS)

2. 우주전파환경 예보 모델링 기술 선진화

2-1. 우주환경에 의한 지상전파환경 영향 분석연구

가. 현황 및 문제점

(1) 국내 현황

- 오랫동안 전파연의 전리층 관측결과를 바탕으로 우주환경의 변화가 단파통신에 대한 영향연구가 이루어졌으며 비교적 신뢰성 있는 예보도 할 수 있게 됨.

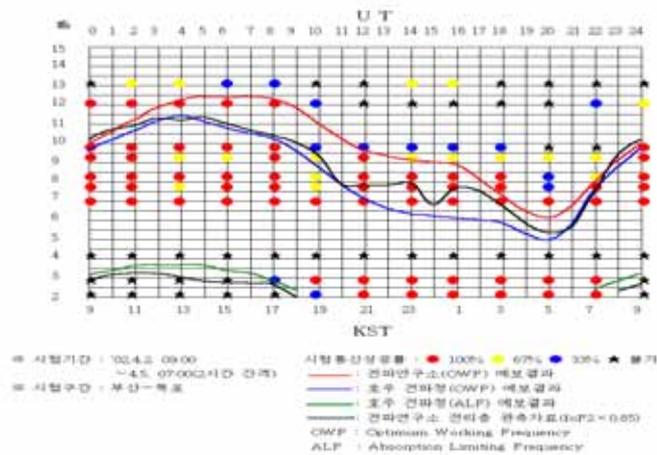


그림 3-19 단파통신 실험 및 예보

- 그러나 IT기술의 발달과 정보의 대량화로 인해 점점 의존도가 커지는 초단파, 극초단파 및 마이크로파 통신에 대한 우주환경의 직간접의 영향을 분석은 거의 이루어 지지 않고 있음.
- 특히, 태양전파폭발이 휴대폰의 통신장애 또는 잡음증가, 위성통신의 영향연구 그리고 전리층의 변화에 따른 위성항법정보의 영향분석 등이 우선 이루어져야 예보모델링의 개발 기본방향을 설정할 수가 있을 것임.

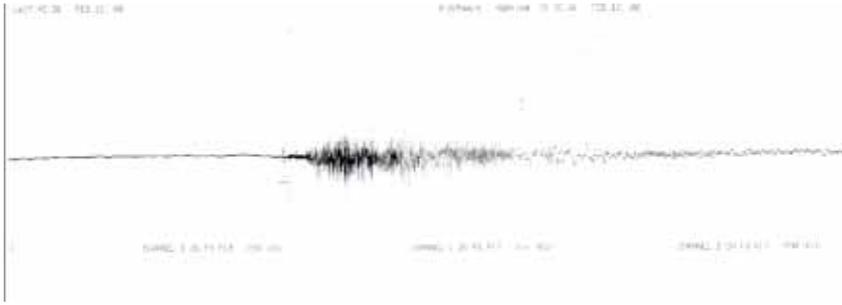


그림 3-20 위성수신(온세통신) 장애현상(2000년)
(수신대역 3.9GHz, 신호레벨 3-4dB 변동)

(2) 해외 현황

- 미국, 유럽, 호주 등 우주 선진국에서도 IT기술에 힘입어 점점 발전하고 있는 통신 인프라의 보호를 위하여 우주환경연구에 집중하고 있음.
- 특히 전통적으로 HF대역 통신에 의존도가 큰 호주는 이 분야에서 상당한 연구를 진행 중 임.

나. 향후 추진방안

| 주파수 대역 | 전파통신 분야 | 우주환경영향연구 | 수요기관 |
|------------|--------------|---|---|
| HF | HF 통신 및 단파방송 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 전리층 전파흡수 ○ 전파두절 ○ Fading 증가 | 군, 지방 항공청, 철도청, 산림청, 야마추어무선, 방송국, 군, 공항공단, 국정원, 한국통신(위성추적), 온세통신 및 데이콤 위성지구국 CDMA GPS 지구국 |
| VHF UHF | 감시 시스템 방송 | <ul style="list-style-type: none"> ○ 전리층 및 태양전파의 전파 간섭 ○ 전파위상 및 진폭 변화 ○ 위성추적에러 | |
| SHF | 위성통신 및 GPS | <ul style="list-style-type: none"> ○ 전리층 및 태양전파의 의한 신틸레이션 및 통신장애 | |

2-2. 예보 모델 개발 역량 강화

가. 현황 및 문제점

(1) 국내 현황

- 현재 우리나라에서는 우주전파환경과 관련하여 학계에서 연구되어 온 모델은 일부 있으나 우주전파환경 예보를 위해 개발된 모델은 극히 적음
- 전파연구소에서는 국제적으로 통용되고 있는 전리층 예보모델을 이용해 단파통신 보호를 위한 단파대 최적주파수 예보 서비스만 실시하고 있음
- 우주전파환경 예보는 환경변화 예측이 중요한데, 현 시점에서는 예측을 위한 예보 모델 개발 역량이 거의 없다고 볼 수 있음.
 - 우리나라의 예보 서비스 수준은 지자기, 태양 X-ray 등 주요 우주전파환경 예보 정보를 미국 SWPC로부터 자료를 수집 전달하고 있는 상황임
- 이러한 상황에서 만약 SWPC가 외국에 대한 우주전파환경 예보 서비스를 중단할 시에는 급격한 태양활동으로 인한 사회경제적 피해에 우리나라는 무방비로 노출될 것임
- 따라서 신뢰성 있는 우주전파환경 예보서비스와 예보기술의 자립화를 위해 다양한 예보 모델 개발이 시급함



그림 3-21 우주전파환경 예보모델 개요

(2) 해외 현황

- 미국, 유럽, 호주 등 우주 선진국에서는 태양활동, 지자기 폭풍 등의 주요 우주전파환경 예보모델을 국가 안보차원에서 학계와 연동하여 자체 개발을 통해 운용하고 있음
- 미국의 경우, 관련 대학 및 학계와 긴밀한 관계를 유지하며 우주전파환경 예보모델을 개발하고 있음

나. 향후 추진방안

- RFID, Wibro 등 유비쿼터스 기반의 다양한 무선 서비스가 급증하고 있는 국내 현실을 고려한 예보모델 개발 필요
 - 우주전파환경 예보를 위한 모델을 개발하기에 앞서 예경보 수요자들의 요구사항이 어떤 것인지 파악되어야 함
 - 예보모델은 과거 관측자료를 토대로 수치 해석적 분석과 현재 관측값을 이용하여 미래의 우주전파환경을 예측하는 소프트웨어
- 독자적인 우주전파환경 예보 서비스 구현을 위한 우주전파환경 예보 모델 개발 역량 확충
 - 우주전파환경에 대한 기본 지식과 모델링에 대한 전문지식을 겸비한 전문 인력들로 전담 연구팀 신설
 - 미국 SWPC 수준의 예보모델 개발 및 예보서비스 고도화를 위한 고성능 컴퓨팅 인프라 구축

표 3-4 신뢰성 있는 우주전파환경 예보서비스를 위해 요구되는 예보모델

| 예보 모델 | 예보 용도 |
|----------|----------------------|
| 태양풍 모델 | 태양풍 밀도 및 속도 예측 |
| 태양코로나 모델 | 태양 코로나의 발생규모 및 변화 예측 |
| 지자기권 모델 | 지구주변의 자기장 변화 예측 |
| 태양자기권 모델 | 태양 자기장의 변화 예측 |

- 선진국 수준의 우주전파환경 예보 서비스 구현을 위해 예보 모델 개발 로드맵 수립
 - 해외 우주전파환경 연구기관에서 운영 중인 예보모델 동향 조사를 토대로 개발 우선순위 결정
 - 천문연구원, 학계 등 국내 관련 연구기관과 예보모델 개발을 위한 공동 연구협력 체계 구축
- 2012년 태양활동 극대기시 통신장애 피해를 최소화하기 위해 미국 SWPC에서 운용중인 예보모델을 우선적으로 도입 검토
- 장기적인 안목으로 볼 때, 원활한 예보모델 업데이트 및 예보 서비스 제공을 위해서는 기초모델부터 자체 개발하는 것이 바람직한 것으로 판단

2-3. 예보 모델 선정 및 평가

가. 현황 및 문제점

- 현재 국내에서는 우주전파환경 예보 전담기관이 없고, 따라서 우주전파환경 예보를 위한 모델 개발 및 모델 선정에 관한 경험이 전무한 상황임
- 앞서 언급한 바와 같이 대부분의 우주 선진국에서는 우주전파환경 예보를 위한 모델을 모두 자체적으로 개발하여 사용하고 있음
- 스웨덴 IRF의 경우 약 5명의 예보모델 전담 연구원들이 IRF 설립 초기부터 약 40여년간 개발하여, 현재는 소수의 인원이 모델 업그레이드 및 관리를 하고 있음.
- 미국은 우주전파환경 예보에 필요한 많은 모델 중 SWPC에서 자체 개발하여 사용하는 것들도 있지만, 대부분의 모델은 학계에서 연구되어온 여러 가지 모델 중 수요자들의 요구사항에 맞는 모델을 SWPC에서 선정하여 학계와 함께 개발 후 검증을 거쳐 사용하고 있음
- 우리나라의 경우 시급한 모델은 미국의 예보모델을 벤치마킹하여

사용할 수도 있겠지만, 장기적으로는 미국처럼 관련 대학 및 학계의 모델 개발 그룹과 긴밀히 교류하며 자체 개발하는 것이 바람직한 방향으로 판단 됨

나. 향후 추진방안

- 예보 모델의 선정을 위해서는 우선, 분야별 예보 서비스를 이용할 개인, 기업 그리고 기관 소비자들의 요구사항이 무엇이고 필요로 하는 서비스가 무엇인지에 대해 체계적으로 파악해야 함
 - 이를 통해서 수요자가 필요로 하는 정보 및 예보를 제공하는 것이 매우 중요
- 예로서, 현재 전파연구소에서 예보 모델을 개발한다고 가정하면 우선적으로 실생활에 바로 도움이 될 수 있는 항해용 전리층 예보 모델 같은 종류를 개발하는 것이 현실적이기도 하고 국민이나 외부 기관에 대해 호소력이 있을 것으로 판단됨
- 우리나라의 상황에 맞는 예보 모델 선정 및 개발에 참고할 수 있도록, 미국 SWPC에서 개발하였거나 진행 중에 있는 여러 분야의 각종 모델들을 간략한 설명과 함께 별첨으로 정리
- 미국 SWPC에서 개발 및 진행 계획 예보 모델의 종류는 붙임9에 나타냄

3. 우주전파 관측기술 역량 강화

3-1. 첨단관측 기술 역량 확보

가. 현황 및 문제점

- 국내의 경우 우주전파환경 관측 장비에 대한 기술력 부족으로 대부분 관측 시설을 외산제품에 의존하는 실정임
 - 전리층, 지자기 관측기는 해외도입 장비로 장애발생 후 정상동작까지

상당한 시간과 비용이 소요되어 안정적인 관측자료 확보 곤란

- 지자기 관측기의 경우 일본 현지수리 후 재 설치까지 약 3개월 소요
- 태양풍 관측기 등 첨단 우주전파환경 관측 장비들은 수요부족으로 외국기관들도 자체 제작하고 있어 국내 도입이 어려운 실정
 - 급속히 발전하고 있는 우주전파환경 관련기술을 적기에 수용하고 나아가 기술 발전을 선도하기 위해서는 관측 장비의 자체 제작을 통한 기술력 확보가 중요
- 일본의 경우 1973년부터 태양풍 관측기를 설치하여 자료를 취득해옴
 - 태양풍 관측기는 위성 관측을 배제했을 때 유일하게 지상에서 태양풍의 물리적 정보를 얻을 수 있는 관측기로 평가됨
- 우주전파 환경 관측을 위한 자체 기술력을 가진 국가는 지속적으로 장비를 업그레이드하며 우주환경 변화 연구에 선도적인 역할을 담당
 - IPS 관측의 경우 일본, 영국, 인도 등은 IPS 자료를 서로 공유하며 상호 보완적인 관측을 수행하고 있음

나. 향후 추진방안

- 현재 운용중인 전리층, 지자기 관측 장비에 대한 주기적인 기술교육 및 선진기술 벤치마킹을 통해 자체 유지보수 및 개발 역량 확보
 - 장비 제작기관의 운용교육 참여확대 및 관련 해외 연구기관과 인력 교류를 통한 관측기술 전문가 양성
- 해외 연구기관이 보유한 각종 첨단 관측 장비에 대한 현황조사 및 국내 개발 타당성 검토를 토대로 설치 및 개발 로드맵 수립

표 3-5 국내 개발 검토대상 관측 장비

| 관측장비 | 용도 |
|---|---|
|  태양풍관측기 | 태양풍의 밀도, 전파과정 등을 분석 |
|  전파흡수관측기(Riometer) | 천체 전파의 전리층 흡수량을 측정하여 태양풍 입자가 전리층에 미치는 영향 분석 |
|  단파레이더 | 인위적 전리층 교란을 야기시켜 단파통신 제어 및 전리층 특성 분석 |

3-2. 우주전파환경 관측위성 개발

가. 현황 및 문제점

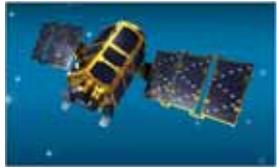
(1) 국내 현황

- 현재 국내에서 운용중인 우주전파환경 관측 장비는 모두 지상에 설치되어 있어 다양하고 신뢰성 있는 우주전파환경 관측에 한계
 - 우주전파환경 예·경보에 중요한 태양 X-ray, 고에너지 입자 등은 지상에서 관측이 불가능

※ 위성을 통한 태양 X-ray 및 고에너지 입자 관측으로 보다 신속한 전리층 및 지자기 폭풍 예·경보가 가능함

- 국내에서는 다목적실용위성 1호와 과학위성 1호, 2호를 통하여 우주환경관측을 수행한 바 있으나 국제적인 경쟁력을 갖추지는 못한 것으로 평가됨

표 3-6 국내 우주전파환경 예보를 위한 관측위성 프로그램

| 위성명 | 다목적 실용위성 1호 | 우리별 시리즈 | 과학위성 1호 |
|----------------------|---|--|--|
| 목적 | 한반도 지형관측 | 위성제작기술 습득 및 인력양성 | 본격적인 과학관측 |
| 탑재체 (우주환경 측정용) | - 고에너지 입자 검출기 - Langmuir Probe(LP) - Electron Temperature Probe (ETP) | - 우주방사선 실험장치 - 저에너지 입자 검출기 - 전리층 측정센서 - 마그네토 미터 - Electron Temperature Probe (ETP) | - 원자외선 분광기 - 우주환경 측정장치 - 마그네토미터 - Langmuir Probe (LP) |
| 위성제원 | - 수명 : 3년 이상 - 무게 : 470kg | - 수명 : 3년 - 무게 : 50~110kg | - 수명 : 3년 - 무게 : 100kg |
| 궤도 | - 685km 원궤도 - 태양동기궤도 | - 1,300km~700km의 원 궤도 | - 700km 원궤도 |
| 모양 |  |  KITSAT-1 (Aug '92) Technology Acquisition |  |

- 신속한 우주전파환경 관측과 신뢰성 있는 예보서비스를 위해 위성을 이용한 관측기술 개발에 대한 중장기적 계획 수립 필요

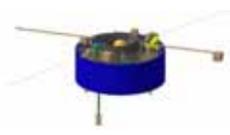
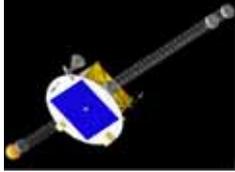
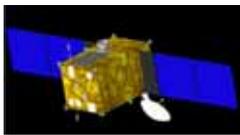
(2) 해외 현황

- 세계적으로 지상장비의 첨단화는 정체되어 있는 상태이고, 예보서비스를 위한 모델링의 입력 데이터는 위성 데이터가 절대적임.
- 해외의 거의 모든 예보서비스기관은 태양 감시 모니터링과 예보

프로그램 가동을 위한 위성 입력 데이터는 미국의 SWPC에 전적으로 의존하고 있는 상황임.

- 미국을 제외한 예보서비스 기관들은 자체 관측위성을 보유하기를 원하나 예산 부족으로 실현하지 못하고 있음.
- ESA에서도 2001년 Space Weather에 대한 유럽 공조프로그램에 대한 타당성 검토 시에도 다음과 같은 관측위성프로그램을 계획한 바 있으나 실현되지 못한 것으로 보임

표 3-7 ESA의 우주환경예보를 위한 관측위성 프로그램

| 위성명 | IMM (Inner Magnetosphere Monitor) | SWM (Solar Wind Monitor) | SAM (Solar Activity Monitor) |
|------|---|--|---|
| 목적 | 지구자기권과 입자의 실시간 감시 | 지구자기권 앞단의 태양풍 특성 관측 | 코로나와 태양디스크의 이미지 관측 |
| 탑재체 | <ul style="list-style-type: none"> - 고에너지 입자검출기 - 열 플라즈마 감시기 - 중간에너지 입자검출기 - 마그네토미터 - 파동분석기 - GPS 수신기 | <ul style="list-style-type: none"> - 열 플라즈마 감시기 - 중간에너지 입자검출기 - 마그네토미터 - 저주파 분광기 | <ul style="list-style-type: none"> - 원자외선 망원경 - X-ray광전관측기 - 우주복사감시기 - 코로나그래프 |
| 위성제원 | <ul style="list-style-type: none"> - 수명 : 5년 - 무게 : 1004kg - 전력 : 300W | <ul style="list-style-type: none"> - 수명 : 5년 - 무게 : 208kg - 전력 : 140W | <ul style="list-style-type: none"> - 수명 : 5년 - 무게 : 538kg - 전력 : 500W |
| 궤도 | <ul style="list-style-type: none"> - 650 x 39,717km (극타원궤도) - 10도 궤도경사각 | L1 궤도 | L1 궤도 |
| 모양 |  |  |  |

나. 향후 추진방안

(1) 국내 개발 방안

- 우주전과환경 예보서비스에 필요한 관측센서(탑재체) 기반기술 개발
 - 해외 관측센서 기술동향 조사 및 국내 개발가능성 검토 후 개발 로드맵 수립
- 우주환경 관측위성의 형태로는 저궤도 위성, 정지궤도 위성, L1 궤도 위성 그리고 태양궤도위성 등으로 나눌 수 있는데, 국내에서 고려될 수 있는 것은 저궤도, 정지궤도 그리고 L1궤도 위성이 될 수 있음.
- 정지궤도 위성의 경우는 과기부 우주개발계획에 포함되어 있는 “정지궤도 복합위성”이 가장 좋은 대안이라 생각할 수 있음.
- 저궤도 위성의 경우는 과기부 우주개발계획 및 국제 우주전과환경연구 동향 등을 고려하여 우주전과환경 위성기술 개발계획을 수립 추진할 수 있음
 - 최근 인공위성의 소형화 추세에 발맞추어 우주전과환경연구 전용 소형위성 발사 추진(개발기간 3~4년, 약 30억원 소요)
- 우리나라의 경우 기존의 위성 사업을 통해 기술들을 많이 확보하고 있음. 태양을 보는 위성의 경우 대구경 광학계는 필요 없을 것. L1 지점으로 위성을 보낼 때 클 필요 없음. L1 포인트로 보낼 때 500~600억 정도는 있어야 신뢰성 있는 데이터를 얻을 수 있을 것임
- 우주관측위성의 개발을 위하여는 ETRI, 항공우주연구원 및 인공위성연구센터와 관측전용 위성기술개발을 위한 공동협력 및 연구관리 체계를 구축하여 추진함.
- 본 보고서에서는 단계별 추진을 추천함.
 - 1단계로 소형시험위성 또는 다목적 실용위성 등을 이용하여 전용 우주관측위성을 운용하는 것이 바람직하며, 이때 탑재할 관측 센서는 예보모델개발 로드맵과 연관을 지어서 결정해야 함.

- 2단계로 정지궤도 복합위성에 탑재할 관측센서를 개발하는 것이 좋겠음. 여기에는 지구자기권 관측과 태양풍 관측기가 모두 고려될 수 있음.
- 3단계로 L1궤도 위성을 개발하여야 우주환경예보서비스 고도화의 목표를 궁극적으로 달성 가능함. 예산 절감과 국제 경쟁력 확보를 위해서는 유럽, 호주 등 자체위성 프로그램이 없는 해외기관과의 공동개발이 절대적임.

(2) 해외 협력 개발 방안

- 해외 우주전파환경 관측위성 개발 프로젝트 참여추진
 - 향후 3년 내에 발사예정인 외국의 관측위성 프로젝트에 대한 현황조사 및 참여 타당성 검토
- 우주전파환경 관측위성에 탑재 가능한 관측센서 기반기술 개발
 - 해외 관측센서 기술동향 조사 및 국내 개발가능성 검토 후 개발 로드맵 수립
- 국내 관측위성 개발에 해외 예보기관과의 협력은 필수적임
 - 해외기관들의 다년간 경험을 관측위성개발에 반영하면 적은 예산으로 경쟁력 있는 데이터를 생산해낼 수 있으므로 국제적 지위 향상에 큰 도움이 됨.

4. 대내외 협력 네트워크 강화

4-1. 우주전파환경 예·경보 대응체계 구축

가. 현황 및 문제점

- 현재 전파연구소에서 제공하고 있는 예·경보 체계

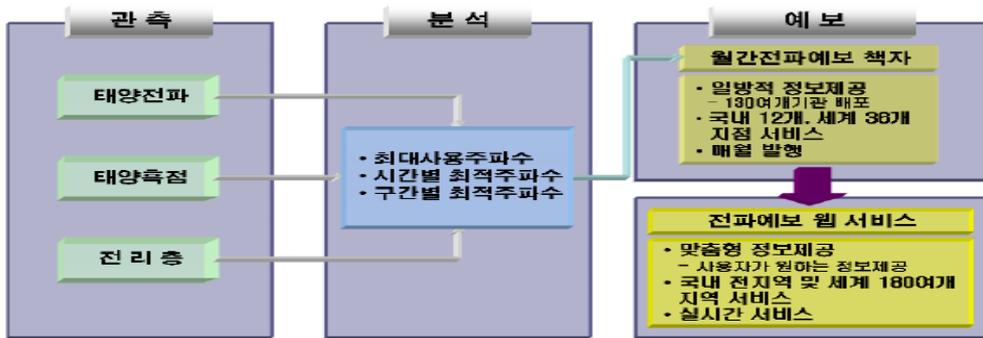


그림 3-22 현재 전파연구소에서 실시하는 단파대역 전파 예보 흐름도



그림 3-23 전파 경보 체계

- 최근 우리나라의 우주전파환경 연구에 대한 높은 관심과 인식수준 향상으로 관련정보 서비스 요구가 증가하고 있으나, 예·경보 대응체계나 서비스 수준 및 활용범위가 기대 수준에 미치지 못하고 있음
- 현재 우리나라는 우주전파환경 변화로 인해 야기되는 피해를 예측한 경우에도 이를 효과적으로 전달할 수 있는 전달 체계조차 갖추어지지 않음
 - 막대한 경제·사회적 피해와 직결될 수 있는 긴급한 우주전파환경 경보를 일회성 언론보도에 의존하고 있음
- 군, 통신사, 항공사 등 우주전파환경 변화로 인해 직접적인 영향을 받는 기관들도 이에 대한 인식 부족
 - 우주전파 환경과 관련된 긴급상황 발생 시 효과적으로 대처하기 위한 대책도 전무한 실정

나. 향후 추진방안

- 태양활동 변화 및 예측정보의 신속·정확한 상황전파체계 구축
 - 우주전파환경의 실시간 변화를 신속하게 분석하여 알기쉽게 대국민에게 설명하는 우주전파환경 캐스트 서비스 실시
 - 긴급상황을 효과적으로 전파 및 관리하기 위해 군, 통신사 등 유관기관과 공조체계 마련 및 Hot-Line 신설
 - 우주전파환경 상황전파 전달체계 개선
- 우주전파환경 정보 수요처 파악 및 수요처별 대응체계 구축
 - 정보 수요처 조사 및 선정
 - 우주전파환경 비상대응을 위한 연구반 구성
- 우주전파환경 변화로 인해 발생하는 재난피해에 대한 홍보 및 교육을 통해 국내 관련기관의 인식변화 유도
 - 우주전파환경 경보등급별 예상피해 분석
 - 우리나라에 적합한 경보등급에 따른 예상피해(안) 마련
- 미국의 경우 우주전파환경 경보등급별 피해발생 사례를 제시하여 경보 발생 시 각 기관별 자체 대응 계획수립을 유도
- 우주전파환경에 의한 피해 최소화를 위해 국가 차원의 Contingency Plan을 수립하고 주요기관에 대해서는 자체 계획 수립 의무화
 - 항공사, 위성사업자 등 주요 정보수요처별 대응체계 매뉴얼 작성 유도

4-2. 국제기구 및 연구기관 협력 체계 강화

가. 현황 및 문제점

- 선진국 중심으로 우주전파환경 연구 네트워크가 형성되어가고 있으나, 우리나라의 참여는 전무한 실정
 - 전리층, 태양폭발 등 전문분야별로 국제 협력활동이 활발히 전

개되고 있으나 우리나라는 인원 및 기술력 부족으로 참여가 어려운 실정

- 국제간 우주전파환경 관측 및 분석 자료의 실시간 교류 네트워크 참여부재로 경보 발령 시 사회경제적 피해 가중 우려
- 우주전파환경 연구 관련 기술력 확보 및 우리나라의 국제위상 제고를 위해 국제협력 프로그램 참여 확대 필요

표 3-8 우주전파환경 관련 선진국 간 협력

| 구 분 | 참여 국가 | 협력 내용 |
|---------|-------------------|--------------------|
| COST296 | 영국, 독일 등 유럽 23개국 | 전리층 관측 및 예보모델 개발 |
| IHY | 미국, 유럽, 일본 | 태양활동 관측 |
| ISES | 미국, 일본, 영국 등 11개국 | 우주전파환경 공동관측 및 자료공유 |
| SOHO 위성 | 유럽, 미국, 호주 | 태양자기장 및 태양폭발 관측 |

나. 향후 추진방안

- 전리층 등 우리나라가 일정 수준의 경쟁력을 보유한 분야부터 국제협력 프로그램에 단계적으로 참여
 - 2008년 COST296, 2010년 IHY 가입 추진
 - WDC 센터 유치(세계데이터센터, WDC : 미국 등 12개국 52개 센터가 있으며 태양 및 지구물리 관련 데이터의 취득, 보관, 제공의 서비스 수행)
- Co-funding, 연구실적, 연구시설 등 일정 조건을 요구하는 협력 프로그램에 대해서는 중장기 가입계획을 수립하여 참여 추진
 - 서비스제공 능력, 연구 활동 등 가입요건이 요구되는 국제우주환경 서비스기구(ISES)는 국내 여건 정비 후 가입(2011년)
 - 가입 후 RWC(Regional Warning Center)로서의 업무 수행
- 전파연구소를 중심으로 각계 전문가로 ISES 가입 추진위원회를 구성·운영하여 연구 활동을 조직화 및 국제화(2009년), ISES 정기총

회 참석하여 ISES 가입 협의(2010년)

○ 해외 연구기관과의 교류·협력활동 강화

- 일본(NICT), 중국(CAS) 등과 전리층, 지자기 등 공동관측·연구 추진
- 국제간 우주전파환경 관측·분석 자료교환 및 공유를 통해 국내 우주전파환경 관련 기술 발전 기여
 - 미국(SWPC) : 우주전파환경 응용분야 협력
 - 유럽(ESA, IRF) : 우주환경 모델링 및 인력양성 프로그램 운영
 - 호주(IPS) : 전리층 및 태양폭발 분야 공동연구와 소프트웨어 공동개발
 - 일본(NICT) : 우주전파환경 공동관측, 관측기기 공동개발, 자료공유 협력
 - ISES : 국제위상 제고 및 국가간 협력을 통해 국제공동 프로그램에 단계적 참여
- 아르헨티나, 칠레 등 지구 반대편에 위치한 국가와 24시간 태양활동 감시를 위한 관측자료 및 분석기술 교류
- 해외 우수 연구기관의 풍부한 우주기상예보 및 관측 경험과 우리의 기술을 접목한 관측 탑재체에 대한 공동설계, 제작·운영 등을 수행하고 관측 자료를 공유하면 세계적으로도 경쟁력 있는 우주전파연구 센터로 올라설 수 있음



그림 3-24 우주전파환경연구 협력체계

제 4 장 우주전파환경연구센터 설립 및 운영(안)

제 1 절 센터 위치 및 시설 배치

1. 센터부지 선정 및 활용 방안

가. 센터부지 최적 환경 조건

- 전파 잡음이 없고 인적이 드문 지역(해안 및 도서지역)
- 주변지역에 전파혼신 논란이 없는 지역(도시지역 절대 불가)
- 해양상공에 대한 우주전파환경 관측이 용이하고 외국과 인접하여 국제 공동관측이 가능한 지역(해안지역)

나. 센터부지 선정 배경

- 전파연구소 이전분소는 야외 안테나 시험장에서 발생하는 전파잡음으로 인해 신규관측시설의 설치가 곤란
- 2012년 전파연구소가 이전할 나주지역은 주변의 전력선, 도심차로, 건물 엘리베이터 등으로 인해 전파환경이 매우 불량하며 전리층 관측 시 인근에서 전파혼신 민원 제기 우려
- 우주전파환경 관측을 위한 전파환경이우수하고 관측시설의 운용 및 유지관리가 용이하며 부지확보에 소요되는 시간과 비용을 고려 시 전파연구소 제주부지(한림) 활용을 추진

※ 제주부지는 기존에 제주전파관리소 부지로서 우수한 전파환경이 입증되었음

다. 센터부지 소개

(1) 대상지역 : 제주시 한림읍 귀덕리 1814번지

(2) 부지 면적 : 59,860m² (18,139평)

○ 토지 17,760평, 건물 : 379평(구 중관소 건물)

(3) 제주부지(한림읍) 관련경위

- 1980. 01. : 중관소 제주분소 업무개시
- 1997. 09. : 제주대에 지자기 관측시설 설치
- 2003. 11. : 제주대 건물신축 관계로 지자기시설 이전요구
- 2004. 05. : 제주부지에 지자기 관측시설 이전설치
- 2004. 11. : 중관소 제주분소 신축청사(애월읍) 이전
- 2005. 03. : 제주부지 중관소에서 전파연구소로 이전

(4) 부지도면

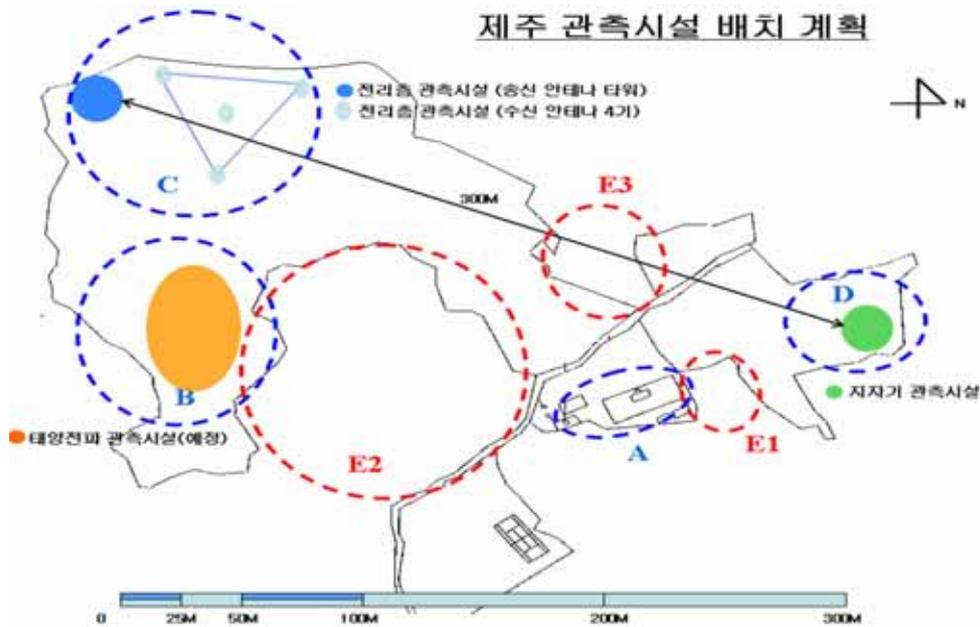


그림 4-1 전파연구소 보유 제주 한림부지 도면 및 관측시설 배치 계획

- A 지역 : 기존에 사용하던 사무실 건물
- B 지역 : 태양전파 관측시설 설치 예정지
- C 지역 : 전리층 관측시설 설치 예정
- D 지역 : 지자기 관측시설 운영 중
- E1, E2, E3 지역 : 구획 정비를 고려할 필요가 있는 지역

(5) 위성사진



그림 4-2 제주부지 위성사진

라. 부지 조사 결과 검토

- 한림읍에서 7km정도 떨어져 있는 조그만 시골마을에 위치하였음.
- 주위가 전부 평지이며 구릉지도 볼 수 없는 평야지대임. 현재 계획하고 있는 전리층 관측 시설(송신 및 수신안테나), 지자기 관측 시설 그리고 태양 관측시설 등을 설치하기에는 입지조건이 좋음.

주위에 방해 전파소스도 없으며 측정으로 인한 피해예상 시설도 없음.

- 현재 중관소에서 사용하였던 사무실, 태양관측시설지역, 전리층 관측 시설 지역, 지자기 관측시설지역 및 구획정리 예상지역 등 5개 지역으로 나누어서 조사하고 사진촬영 함.
- 조사결과 관측시설을 설치하기에는 아무런 문제도 발견하지 못했으며, 관측 시설 특성 상 최적의 입지조건임을 확인함.
- 다만, 부지의 모양이 너무 복잡하여 도로, 전기, 수도 등 편의시설 등을 조성하기가 매우 비효율적으로 보임.

다. 부지 정비 방향 검토

- 최소한 태양관측예정지와 사무실예정지와 사이 부지(E2 지역)를 매입하여 가능한 한 직사각형모양으로 구획을 정비하는 것이 바람직함.
- 현재 이곳은 개인농지로 되어 있어 관측과 보안문제에도 지장이 있을 것으로 판단됨.

2. 센터 시설 배치 방안

가. 센터 건물 배치 방안

- 기존 중관소 건물 위치에 지하 1층 및 지상 4층 규모의 새로운 건물을 건축
- 현 건물은 남북 방향으로 배치되어 있으나, 채광 및 관측시설 조망권 등을 고려하여 새로 지을 센터는 동서 방향으로 배치 권장.
- ※ 현재 지역주민 사유지인 E2 지역을 매입할 경우, 부지 내의 모든 관측 시설을 건물 내에서 조망 가능
- 기존 건물이 위치한 곳이므로 전기, 수도, 배관 등의 설치에 문제가 없을 것으로 예상되며 주차장 설치도 용이 함.

(1) 센터 건물 내 시설 계획

- 센터 건물 내 필요한 시설

표 4-1 센터 건물 내 필요 시설

| 명칭 | 개수 | 용도 | 명칭 | 개수 | 용도 |
|-----------|----|--|-----------|----|----------------------|
| 사무실 | 5 | 각 과별 1개 | 실험실 | 2 | 기기 정비, 장비 제작 및 시험 |
| 사무실 | 1 | 센터장 집무실 | 창고 | 1 | 물품 적재용 |
| 회의실 | 4 | 대회의실 1개, 중회의실 1개, 소회의실 2개 | 휴게실 | 1 | 직원 휴식 및 외부 손님 대기 |
| 전산실 | 1 | 서버 및 네트워크 관련 장비 | 식당 | 1 | - |
| 예경보실 | 2 | - 우주전과환경 예 경보 모니터링 - 예보모델 개발 | 체력 단련실 | 1 | 샤워실 포함 |
| 측정 장비실 | 1 | - 전리측관측기, 태양풍관측기, 태양전과경보시스템 등의 측정장비 보관실 | | | |
| 당직실 | 1 | - 당직근무자 | 경비실 | 1 | - 출입자 통제 |

- 센터 건물 배치도 및 층별 평면도

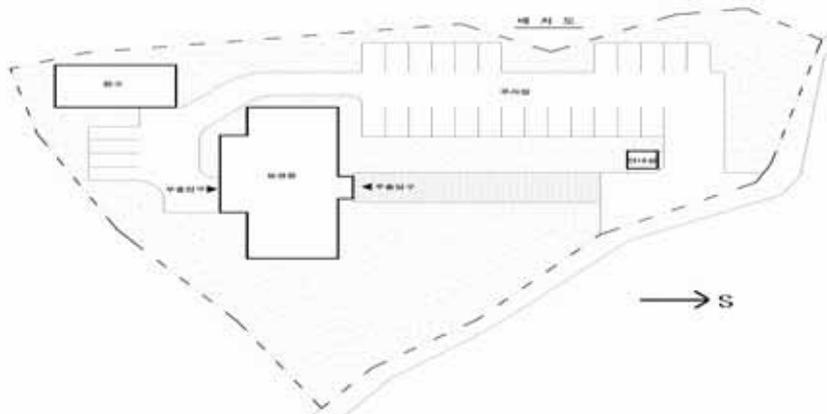


그림 4-3 건물배치도



그림 4-4 건물 1층 평면도



그림 4-5 건물 2층 평면도



그림 4-6 건물 3층 평면도

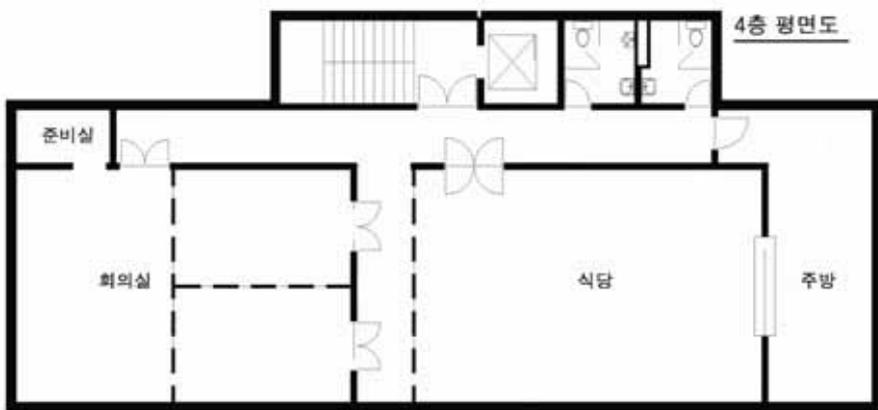


그림 4-7 건물 4층 평면도

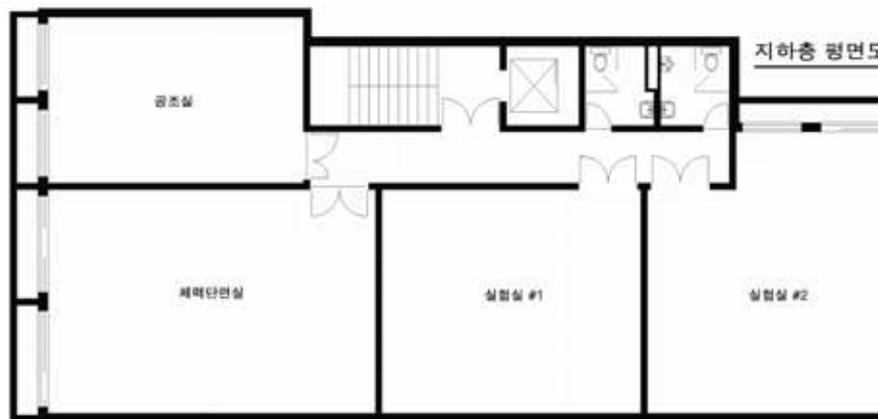


그림 4-8 건물 지하층 평면도

(2) 센터 건물 외 시설

센터 건물 외 시설로서 센터소개 및 우주전파환경 수행업무에 대한 소개 및 홍보를 위한 대외홍보용 전시관이 필요함

나. 관측 장비

우주전파환경연구센터 설립 예정부지인 제주부지에 설치될 시설은 (표 4-2)와 같으며, 기 구축된 장비 중 대체가 필요하거나 신규로 구축이 필요하다고 판단되는 장비도 포함되었음.

표 4-2 전파연구소의 기존 관측장비와 신규 관측장비

| 구분 | 관측 시설명 | 용도 | 수량 | 비고 |
|------------------|-----------------------|----------------------|----|--------------------------------|
| 기 구축 관측 장비 | 지자기 관측기 | 지구자기장 관측 | 3 | 이천, 제주, 용인 |
| | 전리층 관측기 | 전리층 관측 | 1 | 안양 |
| | 태양전파 관측기 | 태양폭발 유형 감시 | 1 | 이천 |
| 신규 관측 장비 | 전리층 관측기 | 전리층 관측 | 2 | 전국 전역 관측을 위해 2기 (제주, 울릉) 추가 |
| | 전리층 전자밀도 관측기 | 전리층 전자밀도 관측 | 10 | 전국 10개 지역 설치 |
| | 2.8GHz 태양절대 전파 관측기 | 태양활동 장기적 변화 관측 | 1 | 양호한 전파환경 부지 필요 |
| | 태양풍 관측기 | 고에너지 입자 관측 | 1 | 설치부지(100m X 40m) 필요 |
| | 태양흑점 관측기 | 흑점수 관측 | 1 | 흑점관측 강화 |
| | 태양전파 경보시스템 | 태양전파 경보 | 1 | 양호한 전파환경 부지 필요 |
| | 우주환경 관측위성 수신시스템 | 위성관측데이터 수신 | 1 | ACE 위성 또는 GMS 위성 |

(1) 지자기 측정기

- 96년부터 현재까지 이천, 용인, 제주에 3기의 지자기 관측기를 설치·운영
- 도입 후 성능개선 없이 10년 이상 사용하여 자료의 신뢰성 저하 우려가 되므로 지속적인 시스템 업그레이드가 필요함.



그림 4-9 지자기 측정기

(2) 전리층 관측기

- 1기는 안양에 기 구축되어 있으며 현재 제주에 1기 설치되고 있어 2008년 말까지 완공 예정임
- 한반도 전체와 한반도 인근지역을 커버하려면 안양, 제주 외에 울릉지역에 1기를 추가 설치하여 삼각형을 이루는 것을 제안함.



그림 4-10 전리층 관측기

(3) 전리층 전자밀도 관측기

- GPS 수신기를 이용하여 전리층에 의한 신호 지연량을 관측하고 이를 통해 전자밀도를 계산함
- 전국의 중앙전파관리소중 약 10곳에 GPS 수신기를 설치함
- 천문연, 행안부 등 기존 GPS 수신소들을 연계하여 망을 구성하고 전리층 전자밀도 관측 통합망 구성하는 것이 바람직함



그림 4-11 전리층 전자밀도 관측기

(4) 2.8GHz 태양 절대플럭스 관측기

- 기존에 설치된 이천의 절대플럭스 관측기와 관측자료의 상호 비교분석을 통한 관측 신뢰성 확보
- 이천 및 제주 동시 운영으로 구름 및 강우로 인한 관측 중단 일 수 감소
- 한 곳의 장비가 고장 시에도 지속적인 관측자료 획득



그림 4-12 2.8GHz 태양전파 절대플럭스 관측기

(5) 태양풍 관측기

- 태양에서 지구로 향하는 태양풍 및 CME(Coronal Mass Ejection) 관측
- 태양풍 3차원 밀도분포 및 이동 속도 자료 획득
- 관측 자료를 이용한 모델 개발을 통해 우주전파환경 예보능력 보유 가능
- ACE 위성의 임무 중단 후에도 태양풍 정보 획득 가능
- 일본, 호주, 인도 등의 장비와 공동 관측을 통한 국제 협력 가능
- 100m X 40m의 array 구조로서 비교적 대규모 관측 장비 임.



그림 4-13 일본 나고야 대학의 태양풍 관측기

(6) 태양 흑점 관측기

- 태양의 일변화 모습 및 흑점의 위치 등을 지속적으로 관측
- 광학 파장에서 태양의 폭발 현상 관측(전파 관측 자료와 비교)
- 가장 기본적인 우주전파환경 자료로 활용
- 독립부지 혹은 센터 건물의 옥상을 활용하여 설치 가능
- 2.8GHz 태양 절대플럭스 관측기와 함께 태양의 활동주기 측정



그림 4-14 태양 흑점 관측기

다. 관측장비 배치 방안

(1) 관측 시설 종합 배치 계획(안)

- 지자기 측정기와 전리층 관측기는 기존 위치 확보
- 태양전파 스펙트럼 분석기의 수신기와 2.8GHz 태양 절대플럭스 수신기는 나란히 배치
- 비교적 규모가 큰 장비인 태양풍 관측기는 남쪽을 가리지 않는 가운데 지역에 배치
- 태양 흑점 관측 망원경은 매일 관측을 고려하여 센터 건물의 일부로 배치하는 것을 권장

(가) 현재 부지 이용 시

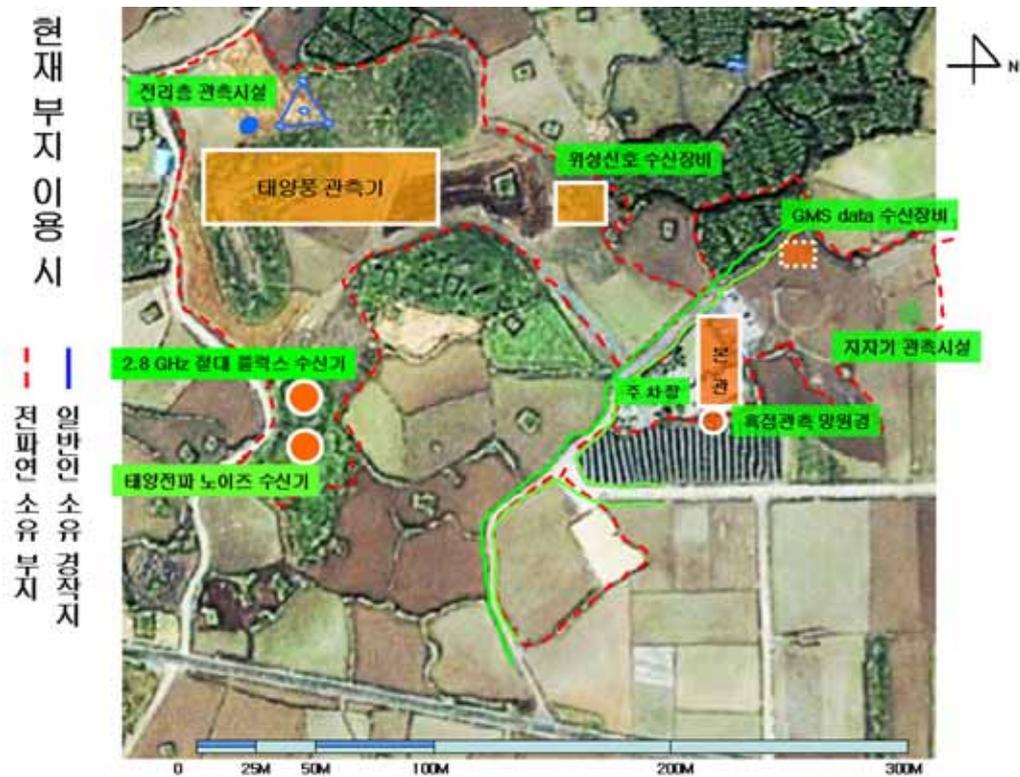


그림 4-17 현재 부지 이용 시 센터 및 관측 시설 종합 배치 계획

(나) 부지 매입 시



그림 4-18 민간부지 매입 시 종합 배치 계획

제 2 절 센터 설립 방안

1. 센터 구축 예산

가. 사업기간

- 2009년~2011년 (1단계 : 3년)
- 2012년~예보모델 및 관측 위성시스템 완성 시(2단계)

나. 총사업비(단위 : 백만)

표 4-3 단계별 우주전파환경연구센터 구축 예산안

| 구 분 | 1 단계 | | | 2 단계 | 총 액 |
|-------------------|-------|--------|--------|-------|--------|
| | 2009년 | 2010년 | 2011년 | 2012년 | |
| 합 계 | 500 | 19,200 | 17,000 | 2,700 | 39,400 |
| ○ 실시설계 및 부지조성 | 500 | - | - | - | 500 |
| ○ 연구센터 건물 신축 | - | 10,000 | - | - | 15,000 |
| ○ 관측시설 구축 | - | 3,100 | 3,700 | - | 6,800 |
| ○ 예경보 서비스 시스템 구축 | - | 1,000 | 5,900 | 1,100 | 7,900 |
| ○ 국제공동연구 및 교육훈련 | - | 200 | 300 | 100 | 500 |
| ○ 관측위성 기술 및 센서 개발 | - | 4,700 | 7,000 | 1,500 | 13,200 |

표 4-4 단계별 우주전파환경연구센터 구축 상세 예산안

| 구 분 | 1 단계 | | | 2 단계 | 총 액 |
|-----------------------|------|--------|--------|-------|--------|
| | '09 | '10 | '11 | '12 | |
| 합 계 | 500 | 19,200 | 17,000 | 2,700 | 39,400 |
| ○ 실시설계 및 부지조성 | 500 | - | - | - | 500 |
| ○ 연구센터 건물 신축 | - | 10,000 | - | - | 15,000 |
| ○ 감리용역 및 사업운영비 | - | 200 | 100 | 100 | 400 |
| ○ 관측시설 구축 | - | 3,100 | 3,700 | - | 6,800 |
| -전리층 전자밀도 관측기 설치 | - | 500 | 500 | - | 1,000 |
| -지자기 관측기 | - | 200 | 200 | - | 400 |
| -전리층 관측기(올롱) | - | 600 | - | - | 600 |
| -2.8GHz 태양전파관측기 설치 | - | 300 | - | - | 300 |
| -태양전파 스펙트럼 분석시스템 구축 | - | 300 | 700 | - | 1,000 |
| -태양풍 관측기 | - | 1,000 | 2,000 | - | 3,000 |
| -태양흑점 관측기 | - | 200 | 300 | - | 500 |
| ○ 예보 서비스 인프라 구축 | - | 1,000 | 5,900 | 1,000 | 7,900 |
| -우주전파환경 모니터링 시스템 | - | - | 2,000 | - | 2,000 |
| -관측시설 통합 네트워크 구축 | - | - | 900 | - | 900 |
| -예보모델 개발 인프라 구축 | - | - | 1,000 | - | 1,000 |
| -예보 모델 개발 | - | 1,000 | 2,000 | 1,000 | 4,000 |
| ○ 국제공동 연구 참여 및 교육훈련 등 | - | 200 | 300 | 100 | 600 |
| ○ 관측위성 기술 및 센서 개발 | - | 4,700 | 7,000 | 1,500 | 13,200 |
| -해외 관측위성개발 프로젝트 참여 | - | 500 | 1,000 | - | 1,500 |
| -센서 개발 | - | 1,500 | 2,500 | 1,000 | 5,000 |
| -수신시스템 구축 | - | 2,700 | 3,500 | 500 | 6,700 |

다. 세부비용 산출

(1) 건축비용

- 건설교통부 산정기준에 따르면 건물의 최대 1인당 연면적은 56.53m²(17.13평)임
- 상기 기준을 따라서, 센터인력을 55명으로 하였을 때 건물의 연면적을 3,109.15m²(990평)으로 하고, 주차장과 도로 등을 포함하여 건물 외 토지는 500평으로 함.
- 건축비용(전기, 소방, 설비 및 인텔리전트 등 포함)은 3.3m²당 900만원으로 하여 90억원으로 산정되며, 토목비용(조경비, 주차장, 진입도로비 등 포함)은 10억원으로 추산함

(2) 설계 및 감리비용

- 설계비용은 건축 및 토목비용인 100억원에 대해 5%로서 5억원으로 하였으며, 감리비용은 약 1%인 1억원으로 하였음

2. 일정 및 추진 계획

표 4-5 우주전파환경연구센터 구축 계획(안)

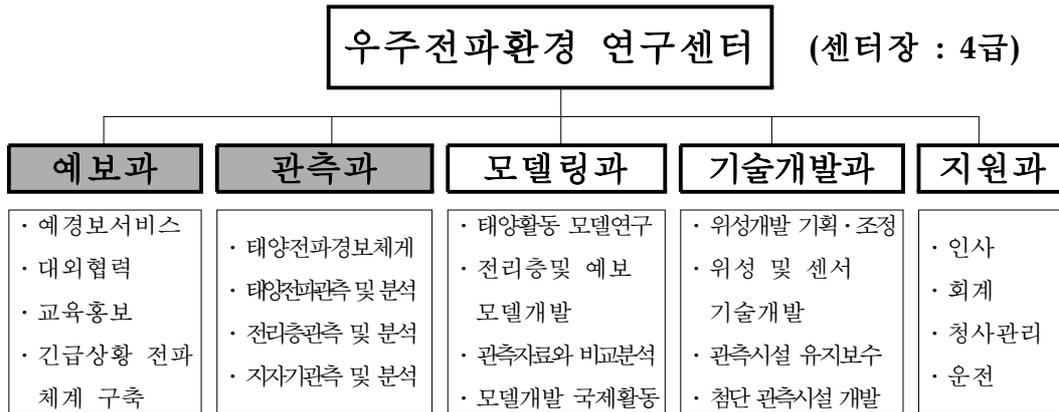
| 구 분 | '09 | | '10 | | '11 | | '12 | |
|---------------------|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| | 상 | 하 | 상 | 하 | 상 | 하 | 상 | 하 |
| ○ 실시설계 및 부지조성 | ■ | ■ | | | | | | |
| ○ 연구센터 건물 신축 | | | ■ | ■ | | | | |
| ○ 관측시설 구축 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| ○ 예보서비스 인프라 구축 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| -모니터링 시스템 구축 | | | | | ■ | ■ | | |
| -인프라구축 | | | | | ■ | ■ | | |
| -예보모델 개발 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ○ 국제공동연구 참여 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ○ 관측위성기술 및 센서 개발 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| -해외 관측위성 개발 프로젝트 참여 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| -국내 센서 및 수신시스템 개발 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

제 3 절 센터 운영 방안

1. 센터 조직 및 인력

가. 우주전파환경 연구센터 조직구성(안) : 1 센터 5 과

(1) 조직



※ : 기존 조직, : 신설 조직

그림 4-19 우주전파환경연구센터 조직(안)

(2) 소요정원

- 석·박사급 중심의 연구인력 충원

표 4-6 우주전파환경연구센터 연도별 연구인력 인원

| 구분 | 2009년 | 2010년 | 2011년 | 2012년 | 계 |
|---------|-------|-------|-------|-------|----|
| 센터업무 총괄 | - | - | 1 | - | 1 |
| 예보업무 | 4 | 4 | 4 | 1 | 13 |
| 관측업무 | 3 | 5 | 2 | 2 | 12 |
| 기술개발 | - | 5 | 3 | 1 | 9 |
| 예보모델링 | - | 4 | 4 | 2 | 10 |
| 지원업무 | - | 3 | 4 | 3 | 10 |
| 계 | 7 | 21 | 18 | 9 | 55 |

(3) 소요정원 세부 산출내역

표 4-7 우주전파환경연구센터 과별 업무 및 세부인력

| 업무 내용 | 소요 정원 | | | | | 비고 |
|----------------------------|-------|----|----|-------|-----|-----|
| | 계 | 4급 | 5급 | 6급 이하 | 기능직 | |
| 센터 업무 총괄 (센터장) | 1 | 1 | | | | |
| 소 계 | 1 | | | | | |
| 예보과 업무 총괄 (과장) | 1 | | 1 | | | |
| 전파 예경보 서비스 및 긴급상황 전파 체계 운영 | 1 | | | 1 | | |
| 우주전파환경 예보 및 캐스트 | 3 | | | 3 | | 3교대 |
| 관측자료 분석 및 관리 | 1 | | | 1 | | |
| 대외협력(보도자료, 국제기구) | 1 | | | 1 | | |
| 우주전파 연구센터 홈페이지 관리 | 2 | | | 1 | 1 | |
| 관측자료 전송망 관리 | 1 | | | 1 | | |
| 전파예보 발간 및 인터넷 서비스 | 1 | | | 1 | | |
| 교육 및 홍보 | 2 | | | 2 | | |
| 소 계 | 13 | | 1 | 11 | 1 | |
| 관측과 업무 총괄 (과장) | 1 | | 1 | | | |
| 태양전파 스펙트럼 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 태양전파 관측 및 폭발 유형 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 2.8GHz 태양전파 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 전리층 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 지자기 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 태양풍 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 전리층 전자밀도 관측 및 분석(TEC) | 1 | | | 1 | | |
| 태양흑점 관측 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 위성 관측자료 수신 및 분석 | 1 | | | 1 | | |
| 관측기기 유지 보수 | 2 | | | 1 | 1 | |
| 소 계 | 12 | | 1 | 10 | 1 | |

표 4-7 (계속)

| 업무 내용 | 소요 정원 | | | | | 비고 |
|-------------------------|-------|----|----|-------|-----|----------------------------------|
| | 계 | 4급 | 5급 | 6급 이하 | 기능직 | |
| 기술개발과 업무 총괄 (과장) | 1 | | 1 | | | |
| 국내외 관측위성 개발, 기획, 조정 | 1 | | | 1 | | |
| 산업체 공동 프로젝트 수행 및 관리 | 1 | | | 1 | | |
| 관측위성 및 센서 기술 개발 | 1 | | | 1 | | |
| 해외 위성 프로젝트 공동 수행 및 관리 | 1 | | | 1 | | |
| 관측자료 전송 네트워크 기술 개발 | 1 | | | 1 | | |
| 관측시설 유지 및 운용기술 개발 | 1 | | | 1 | | |
| 첨단 관측 기술 개발 | 2 | | | 1 | 1 | |
| 소 계 | 9 | | 1 | 7 | 1 | |
| 모델링과 업무 총괄 (과장) | 1 | | 1 | | | |
| 태양활동 예보모델 검증 및 개발 | 2 | | | 2 | | |
| 태양-지구간 전파모델 검증 및 개발 | 2 | | | 2 | | |
| 전리층 예보모델 검증 및 개발 | 2 | | | 2 | | |
| 지자기 예보모델 검증 및 개발 | 2 | | | 2 | | |
| 우주전파환경 모델 개발 국제 활동 | 1 | | | 1 | | |
| 소 계 | 10 | | 1 | 9 | | |
| 지원과 업무 총괄 (과장) | 1 | | 1 | | | |
| 청사관리(전기, 방호, 운전, 식당 등) | 6 | | | | 6 | 식당:2명 전기:1명 방호:1명 운전:2명 |
| 청사관리(인사, 시설, 회계) | 3 | | | 3 | | 인사:1명 시설:1명 회계:1명 |
| 소 계 | 10 | | 1 | 3 | 6 | |
| 소요 인원 총계 (A) | 55 | 1 | 5 | 40 | 9 | |
| 현 정원 (B) | 7 | | 1 | 6 | | |
| 증원 (A-B) | 48 | 1 | 4 | 34 | 9 | |

2. 센터 업무 및 역할

표 4-8 우주전파환경연구센터의 업무 및 역할

| 과 명 | 주 요 업 무 | 구 분 | | |
|-------|---|-----|----|----|
| | | 유지 | 강화 | 신설 |
| 예보과 | <ul style="list-style-type: none"> 전파 예·경보 서비스 우주전파환경 캐스트 서비스 관측자료 분석, 관리, 제공서비스 대외협력(보도자료, 국제기구 등) 우주전파환경 홈페이지 관리 관측자료 전송망 관리 전파예보 발간 및 인터넷 서비스 교육홍보 긴급상황 전파체계 운영 | | ◎ | ★ |
| 관측과 | <ul style="list-style-type: none"> 태양전파 스펙트럼 관측 및 경보 태양전파관측 및 폭발유형 분석 전리층 관측 및 분석연구 2.8 GHz 태양전파 절대플럭스 관측 및 분석 전리층 전자밀도 관측 및 분석 지자기 관측 및 분석연구 태양풍 관측 및 분석 태양 흑점 관측 및 분석 | | ◎ | ★ |
| 모델링과 | <ul style="list-style-type: none"> 태양활동 예보모델 개발 전리층 예보모델 개발 지자기 예보모델 개발 관측자료와 모델과의 비교·분석 우주환경 모델개발 국제활동 (IRL,IES,IHY 등) | | | ★ |
| 기술개발과 | <ul style="list-style-type: none"> 국내 관측위성개발 기획·조정 관측위성 및 센서기술 개발 해외 관측위성 개발 프로젝트 공동 수행 관측시설 유지, 운용기술 개발 첨단 관측기술 개발 산업체와 공동 프로젝트 수행 | | ◎ | ★ |
| 지원과 | <ul style="list-style-type: none"> 청사관리(전기, 방호, 운전, 인사, 회계 등) | 신규 | | ★ |

제 5 장 결 론

제 1 절 결어

본 보고서는 방송통신위원회 전파연구소의 “우주전파환경 연구센터 구축계획”에 따라 한국전자통신연구원(ETRI)이 주관하고 우주환경분야 국내 전문가로 구성된 자문위원의 적극적인 자문과 협력을 바탕으로 센터 설립에 대한 타당성 검토, 해외기관 방문 및 센터의 구축 및 운영에 대한 조사 분석 결과를 정리한 것이다.

당초 구축될 센터의 명칭을 “우주전파환경연구센터”로 할 예정이었으나, 법적으로 부여된 전파연구소 본연의 기능 및 타 관련 기관과의 업무내용을 조사한 결과 및 자문위원회 전문가의 의견을 반영하여 “우주전파환경예보센터”로 변경되어야 한다는 결론에 도달하였다.

국가 경쟁력의 일환으로 구축되고 있는 유비쿼터스 무선통신 환경, 전파기반 서비스 및 위성통신 등은 우주전파 환경변화에 영향을 받아 동시 다발적인 피해를 입을 수 있다. 이러한 국가 기간통신망의 유지 및 피해의 최소화를 위해 전파연구소의 우주전파환경예보센터는 국가가 필수적으로 운영해야 할 중요한 업무라는데 참여연구원 및 자문위원들과 의견을 같이 하였다. 그러므로 우주전파예보센터는 우주환경이 유비쿼터스 통신 인프라에 미치는 영향을 분석연구하고, 국내 우주전파 환경의 예·경보를 위한 서비스 전담기관의 역할을 해야 하며 이를 위하여 우주환경 상시감시 및 상시 관측기관이 되어야 한다. 우주환경 예보의 국내 대표기관이므로 국제협력기구인 ISES의 RWC를 운영하는 것이 바람직하며 이를 천문연구원과 공동으로 운영하는 것도 고려할 수 있을 것이다.

우주전파예보센터는 단기적으로 2012년 태양흑점 극대기에 대비하

여 통신 인프라를 보호하고, 장기적으로는 우주전파환경 예보 및 관측 기술 자립화를 통하여 대내외적 연구위상을 강화하는 목표를 가지고 우주전파환경예보 서비스 고도화를 이루도록 해야 할 것이다. 이를 위하여 4대 추진전략을 다음과 같이 제시한다.

- 우주전파환경 관측 인프라 확충
- 우주전파환경 예보 모델링기술 선진화
- 관측기술 역량 강화
- 대내외 협력활동 강화

우주전파예보의 국내 대표 전담기관으로서의 위상을 실현하면서 최대한 예산 절감을 위해서는 센터의 부지를 현재 방송통신위원회 소유로 전파환경이 가장 뛰어난 제주도 한림부지에 구축하는 것이 가장 바람직한 것으로 분석되었다. 센터 운영 인원은 관측시설 운영, 예보 모델 개발 검증 및 관측위성 개발 등 센터의 기능을 원활하게 수행하기 위하여 약 55명 정도가 적당한 것으로 분석되었으며, 이는 해외기관 조사에서 그 타당성이 검증되었다. 우주전파환경예보센터 인원 및 시설을 수용하기 위해서는 지상 3층, 지하 1층의 건물이 필요할 것으로 예상되며, 센터장 아래 기존의 예보과와 관측과 외에 예보모델링과, 관측기술개발과 및 지원과 등을 신설하여 5개과가 운영될 것을 제안하였다. 특히 예보 모델링 및 관측기술개발을 위해서는 관련분야의 석·박사급의 연구 인력 충원이 필수적으로 제시되었고, 이외에도 센터설립과 구축을 위한 소요 예산 및 추진 일정이 제시되었으나 이를 확정하기 위해서는 좀 더 심도 있는 분석과 조사가 뒤따라야 하겠다.

센터를 설립하는 것도 중요하지만, 유용하고 가치 있는 우주전파 예보서비스를 하기 위해서는 진정한 수요자가 누구인지와 수요자가 원하는 서비스가 어떤 종류인지를 우선적으로 찾아내고 밝혀내야 한다. 즉 수요자 요구사항을 정확하게 파악하는 것이 무엇보다 중요한 사항이라 할 수 있다. 정확한 수요자 요구사항을 바탕으로 예보 Product를 구성하고 여기에 맞는 예보모델링 개발, 관측기술 개발 및 관측시설 확보

로드맵을 작성하는 것이 국가예산을 가장 효율적으로 사용하는 방안이 될 것이다.

제 2 절 관련법규

전파법 제 61 조 제 2 항 제 8 호에서 제 10 호 법령에 따라 우주 전파 수신기술연구 및 수신자료 분석, 지자기 및 전리층 관측 및 태양 흑점의 관측결과 분석 및 예·경보 연구업무를 수행해야 한다.

따라서 방송통신위원회(구 정보통신부) 소속기관인 전파연구소로 하여금 “정보통신부와 그 소속기관 직제(대통령령)” 제 21 조 제 2 호에서 “전파예보 및 경보” 업무를 규정하였고, 세부사항으로 “정보통신부와 그 소속기관 직제 시행규칙(정보통신부령)” 제 9 조 제 6 항에서

1. 지자기, 전리층, 태양전파의 관측 및 분석과 이에 따른 전파의 예보 및 경보
2. 우주전파환경에 관한 연구
3. 우주전파환경 관측시설의 관리 운영업무를 수행토록 하였다.