

## 제 출 문

본 보고서를 「중·단거리 전파예보시스템 개선방안 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2002. 12.

연구책임자 : 민경욱(한국과학기술원)

연 구 원 : 이 유(충남대학교)

박선미(한국과학기술원)

연구보조원 : 오수연(충남대학교)

# 요 약 문

## 1. 과제명

중, 단거리 전파예보시스템 개선방안 연구

2. 연구기간 : 2002년 2월 8일부터 2002년 12월 31일까지

3. 연구책임자 : 민경욱

## 4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정												비고
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
o 태양활동에 따른 분석	민경욱	.....→											계획	
- 전리층 모델 분석	박선미	————→											.....→	
- 전리층 변화 분석	오수연												실행	
- 전파연구소 관측자료 분석													————→	
o 전파전달모델 제시	민경욱					.....→								
- ASAPS 분석	박선미					————→								
- 한반도의 전파전달 모델 개발														
- 모델의 신뢰성 확인														
o 전파통신 교란 예보 서비스 방안제시	이유					.....→								
- 예보 체계를 위한 프로그램 개발	오수연					————→								
o 연구보고서 작성	민경욱										.....→			
	박선미										————→			
분기별 수행진도 (%)		10		30		40		20					100	

나. 세부 과제별 추진사항

1) 태양활동 변화 등에 따른 전리층 변화 연구

- 단파통신과 우주환경변화 효과 연구
- NASA의 National Space Science Data Center (NSSDC)의 데이터 베이스로부터 전리층 모델 분석
- 우주환경 변화에 따른 전리층 변화 연구
- 통신장애와 전리층 변화의 관계분석

2) 전리층에서의 전파전달모델 제시

- 전리층 모델을 이용한 전파전달모델로서 호주 RWC (Regional Warning Centers)인 IPS에서 개발한 ASAPS (Advanced Stand Alone Prediction System) 분석
- 한반도 전리층에의 적용 가능성 타진
- 위의 분석을 기반으로 전리층 변화에 따른 한반도 상공의 전파전달 모델 개발

3) 전파통신 교란 예보 서비스 방안 제시

- 사용자 중심의 예보 서비스 제안
- 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어 개발

## 5. 연구 결과

### 가. 태양활동 변화 등에 따른 전리층 변화 연구

#### 1) 단파통신과 우주환경변화 효과 연구

- 태양 프로톤현상, 태양플레어 발생 및 전리층 폭풍 등의 우주환경 변화에 의해 Polar Cap 흡수 현상(PCA), Short Wave Fadeout(SWF) 및 전자 밀도 감소에 따른 단파통신 장애 등이 나타난다. 또한 지상-위성 간의 통신에 사용되는 고주파에서는 scintillation 현상 등이 나타난다.

#### 2) NASA NSSDC의 데이터베이스로부터 전리층 모델 분석

- International Reference Ionosphere (IRI)와 전자밀도, 전자온도, 이온 drift, electric field 및 다양한 오로라 모델 등을 분석하였다.

#### 3) 우주환경 변화에 따른 전리층 변화 연구

- 태양 전파폭발, 지자기 폭풍 등의 우주환경 변화에 따른 전파연구소의 Ionogram 패턴을 분석하고, 그에 따른 전리층 변화 특징을 체계화하였다.

#### 4) 통신장애와 전리층 변화의 관계분석

- 미국 SEC(Space Environment Center)의 radio blackout(태양 X-선에 의한 전리층 교란) 자료와 전파연구소의 전리층 관측 자료의 변화 관계를 분석하였다.

## 나. 전리층에서의 전파전달모델 개발

### 1) ASAPs (Advanced Stand Alone Prediction System)

- ASAPs의 전리층 예보는 크게 GRAFEX Predictions, Field Strength Predictions과 Area Prediction의 세부분으로 나누어진다.

### 2) 한반도 전리층에의 적용 가능성 타진

- ASAPs의 계산 값과 실제 부산-목포 간 HF 통신 상태를 비교해 본 결과 ASAPs에서 구한 최적주파수가 실제 사용 주파수와 잘 일치함을 확인하였다.

### 3) 전리층 변화에 따른 한반도 상공의 전파전달 모델 개발

- ASAPs의 GRAFEX Predictions(point-to-point 전파예보) 및 Area Prediction(point-to-area 전파예보)을 이용하여 한반도 상공에서의 전파전달 예측을 제공할 수 있는 모델을 개발하고, 이를 검증하였다.
- 전파연구소에서 측정한 foF2 값을 모델 계산에 적용함으로써 한반도 상공의 근시간 전파전달 예보가 가능해졌다.

## 다. 전파통신 교란 예보 서비스 방안 제시

### 1) 사용자 중심의 예보 서비스 제안

- 사용자 중심의 전파통신교란예보 서비스를 제공하기 위한 기초 작업으로서 사용자들에게 유용할 예보 서비스 내용을 제시하였다.

## 2) 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어 개발

- 전파통신교란예보 서비스를 제공하기 위해 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어를 개발하였다.
- 개발된 프로그램은 전파연구소의 인터넷 홈페이지를 통해 제공될 예정이다.

## 6. 기대효과

본 연구 수행의 결과로 전리층 변화에 따른 전파전달 환경의 근시간 예보가 가능해졌으며, 이는 무선 통신의 안정된 운용을 위한 정보로써 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 인터넷 홈페이지의 운영으로 통신 관련기관 및 업체에 적극적인 서비스 제공이 가능할 것으로 생각된다. 또한 본 연구를 통해 개발된 전리층 전파전달예측모델은 향후 개발될 좀더 일반적인 우주전파환경 예보 시스템의 데이터베이스로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 그 외에 본 연구의 수행으로 전파연구소의 전리층 관측 장비를 적극적으로 활용할 수 있게 되었으며, 근시간 전리층 관측 자료의 이용으로 우주전파환경예보 서비스의 신뢰성이 증대되었다.

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
워크스테이션	Ultra Sparc10	1	전산모사용	과기원	기 보유	
PC	펜티엄 III	4	그래픽 등 전산모사용	과기원	기 보유	
스캐너	HP scanjet	1	그래픽 등 자료 스캔	과기원	기 보유	

# SUMMARY

## 1. Title

A Study for the Improvement of HF Propagation Prediction System for Medium and Short Distance Communications

## 2. Objectives

The objectives of the present study are to understand the ionospheric variability according to the changes of the solar activity and to assess the possibility of using the Advanced Stand Alone Prediction System (ASAPS) for high frequency communication predictions over the Korean peninsula, thereby recommending the improved methods toward the user-oriented service.

## 3. Results

### **Ionospheric variability**

Ionospheric disturbances are reviewed with respect to the HF communications. Space Environment Center's radio blackout data are also reviewed with respect to the ionograms obtained by the Radio Research Laboratory.

### **Prediction of HF propagation**

Advanced Stand Alone Prediction System (ASAPS) is analyzed to assess the possibility of its use for the Korean peninsula. A model is developed for HF predictions over the



Korean peninsula, on the basis of ASAPs's GRAFEX with the foF2 value obtained by RRL as an input parameter.

### **Recommendations for the user service**

Recommendations are made for the useful service of HF propagation predictions and disturbance warnings. An Internet-based software is developed for the user-oriented HF prediction services.

## **4. Application**

As a result of the present study, near real time prediction of HF propagation is possible over the Korean peninsula, which will enable the HF users to operate their systems more reliably. The Internet-based HF predictions will better serve the organizations in the communication business. The HF propagation model developed in the present study shall be integrated into the space environment prediction system in the future.

# 목 차

표목차 .....	xii
그림목차 .....	xiii
제 1 장 서론 .....	1
제 2 장 태양활동 변화 등에 따른 전리층 변화 연구 .....	4
제 1 절 단파 전파의 특성 .....	4
제 2 절 단파통신과 우주환경변화 효과 .....	12
제 3 절 전리층 모델 .....	16
제 4 절 우주환경 변화에 따른 전리층 변화 연구 .....	31
제 5 절 통신장애와 전리층 변화의 관계분석 .....	46
제 3 장 전리층에서의 전파전달모델 개발 .....	53
제 1 절 Advanced Stand Alone Prediction System .....	53
제 2 절 ASAPS의 한반도 적용 가능성 .....	69
제 3 절 전리층 변화에 따른 한반도 상공의 전파전달 모델 개발 .....	70
제 4 장 전파통신 교란 예보 서비스 방안 제시 .....	90
제 1 절 인터넷 기반의 프로그램 개발 .....	90
제 2 절 사용자 중심의 예보 서비스 제안 .....	115

제 5 장 전파전달예보 프로그램의 활용 .....	123
제 6 장 결론 .....	124
참고문헌 .....	127
첨부 1 전파전달예보 프로그램 .....	129
첨부 2 인터넷 기반 프로그램 .....	174

## 표 목 차

표 2.1.1 전리층 감쇠의 종류별 비교 .....	8
표 2.4.1 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상 .....	33
표 2.4.2 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상 .....	42
표 2.5.1 태양복사(X-선) 활동도 분류 및 장애 예측 기준 .	49
표 2.5.2 전파장애 분류에 따른 장애 정도 .....	49
표 3.1.1 GRAFEX 기호의 정의 .....	63
표 3.1.2 주파수 세트 선택에 관한 ASAPS의 동작 .....	69
표 3.3.1 2002년 4월 3일 전파연구소의 Ionogram에서 관측된 전리층 파라미터 .....	84
표 4.1.1 예보 시스템 주요 인자값 입력 범위 .....	115

## 그 립 목 차

그림 2.2.1 Scintillation이 주로 일어나는 지역. 적도, 그리고 남북극의 세 지역 .....	15
그림 2.3.1 전자, 이온, 그리고 중성입자의 밀도 분포 (Johnson, 1969) .....	18
그림 2.4.1 플레어 발생 후 출현하는 전파 폭발의 유형분류 .....	33
그림 2.4.2 러시아의 IZMIRAN에서 2000년 5월 20일에 발생한 Type II + Type IV 태양전파 폭발의 관측 자료 .....	34
그림 2.4.3 2000년 5월 20일 태양전파 폭발 전의 전리층 관측데이터 .....	35
그림 2.4.4 2000년 5월 20일 태양전파 폭발 후의 전리층 관측데이터 .....	35
그림 2.4.5 전파연구소에서 1999년 7월 20일에 발생한 Type IV 태양전파폭발의 관측 자료 .....	36
그림 2.4.6 1999년 7월 20일 태양전파 폭발 후의 전리층 관측데이터 .....	38
그림 2.4.7 전파연구소에서 관측한 Type I, TypeII,	

Type II+TypeIII 태양전파폭발의 관측 자료 .....	41
그림 2.4.8 2000년 7월 15일에 발생한 자기폭풍 .....	43
그림 2.4.9 2000년 7월 15일에 발생한 자기폭풍 동안의 전리층 관측 결과 .....	44
그림 2.5.1 미국 GOES 위성에서 측정한 3일 동안의 태양 X-선 변화 .....	50
그림 2.5.2 장애분류 기호 R1과 R2인 날의 전리층 관측결과 비교 .....	51
그림 3.1.1 GRAFEX 예보 .....	62
그림 3.3.1 HF Frequency Predictions 결과 .....	73
그림 3.3.2 Best Usable Frequency Predictions 결과 .....	74
그림 3.3.3 Frequency Plan Predictions 결과 .....	75
그림 3.3.4 점대지역 전파예보의 계산 결과 값 .....	76
그림 3.3.5 점대지역 전파예보 결과 값의 2차원 칼라 map .....	77
그림 3.3.6 2002년 4월 3일 전파전달예측모델을 이용하여 구한 시간에 따른 전리층 FOT (Frequency of Optimum Traffic) 변화 그래프 (태양흑점수 104, T index=99) .....	80
그림 3.3.7 LiLo에서 계산된 2002년 4월의 FOT를 시간에 따라 나타낸 것 (태양흑점수 104) .....	85

그림 3.3.8 UT 변화에 따른 FOT 값. solid line: $foF2 \times 0.85$ ; dashed line: ASAPs에서 계산된 FOT; dotted line: LiLo에서 계산된 FOT .....	89
그림 4.1.1 전파 사용자 예보 서비스 기본 화면 .....	91
그림 4.1.2 point-to-point 예보시스템 기본 화면 .....	92
그림 4.1.3 선택한 예보시각의 월평균 T-index 입력 .....	93
그림 4.1.4 T-index Estimator 팝업창 .....	94
그림 4.1.5 T-index Estimator 실행 결과 .....	94
그림 4.1.6 계산된 T-index값 업데이트 .....	95
그림 4.1.7 관측된 $foF2$ 값이 없는 경우 .....	95
그림 4.1.8 특정 도시 위치 정보 검색 .....	96
그림 4.1.9 그림 8의 특정 도시 위치 정보 검색 결과 .....	96
그림 4.1.10 지역 검색 버튼 실행 .....	97
그림 4.1.11 지역 검색 버튼 실행 결과 .....	97
그림 4.1.12 예보시스템의 기본화면 송신지와 수신지의 위치 정보 출력 .....	98
그림 4.1.13 경로 선택 .....	99
그림 4.1.14 주파수 대역 선택 결과 (햄 아마추어 무선(amateur)) .....	99
그림 4.1.15 장비구성 default1의 구성 내용 .....	100
그림 4.1.16 장비 구성의 사용자 입력 창 .....	101

그림 4.1.17 주요 인자 값 누락되었을 때 경고 메시지 .....	102
그림 4.1.18 주요 인자 값의 입력 범위가 초과되었을 때의 경고메세지 .....	103
그림 4.1.19 장비구성 사용자 입력시 인자값 누락되었을 때 경고 메시지 .....	104
그림 4.1.20 HP Frequency Predictions 결과 화면 .....	105
그림 4.1.21 Frequency Plan Predictions 결과 화면 .....	106
그림 4.1.22 Best Usable Frequency Predictions 결과 화면 .....	107
그림 4.1.23 point-to-area 예보시스템 기본 화면 .....	108
그림 4.1.24 주요 인자 값 입력의 예 .....	109
그림 4.1.25 Prediction grid입력시 입력 범위 초과 경고창 .....	110
그림 4.1.26 점대지역 예보 결과 화면 .....	111
그림 4.1.27 점대지역 예보 결과 시간별 영상 .....	111
그림 4.1.28 foF2 search의 자료 기본 출력 결과 .....	112
그림 4.1.29 foF2 자료 다운로드 진행 .....	113
그림 4.1.30 foF2 자료 텍스트 파일로 저장 .....	114
그림 4.1.31 검색 구간 입력 초과 경고창 .....	114
그림 4.2.1 Best Usable Frequency 등고선 지도 .....	116
그림 4.2.2 두 지점간의 시간에 따른 GRAFEX 그래프 ....	118



그림 4.2.3 Frequency plan .....	119
그림 4.2.4 두 지점간의 Best Usable Frequency(BUF)	
그래프 .....	120
그림 4.2.5 Field Strength tabl .....	121
그림 4.2.6 Antenna Gain Patterns .....	122

## 제 1 장 서 론

단파대(주파수: 2300-26,100 kHz; 파장: 11-130 m)를 이용한 전파통신은 전리층과 대지 또는 해면을 몇 번 반사해서 원거리까지 도달할 수 있기 때문에 아마추어통신, 항공이동통신과 선박통신 등 국제간의 통신뿐만 아니라 긴급구조를 위한 비상통신으로도 사용되고 있다. 이러한 단파통신(HF: High Frequency)은 전리층을 매질로 하여 송수신 지점간의 통신이 이루어지기 때문에 전리층의 상태에 매우 민감히 의존하게 된다. 전리층은 주야간 변화와 계절 변화가 나타나며 이로 인하여 단파대 전파통신도 영향을 받게 된다. 따라서 월, 시에 따라 적절한 주파수를 선택하여 사용해야 원활한 단파통신이 이루어질 수 있다. 현재 전파연구소에서는 단파대 전파통신의 원활한 소통을 위해 통신구간별 최적 사용 주파수를 예보하는 월간 전파예보를 제공하고 있다.

최근 들어 군 통신, 해상통신 등을 위한 근거리 단파통신 예보에 대한 수요가 급증함에 따라 현재 전파연구소에서 제공하고 있는 월간 전파예보에 대한 개선의 필요성이 논의되고 있다. 이에 국내 근거리 단파통신에 필요한 최적 주파수를 선정하고, 선정된 주파수의 실시간 서비스가 가능한 전파 예보 모델의 개발이 절실히 요구되고 있다.

태양 활동에 의한 전리층의 교란은 단파통신에 심각한 영향을 미치게 된다. 예를 들면, 태양 플레어 발생 후 곧바로 낮 지역에서 갑작스럽고 큰 통신교란이 일어나는데, 이것은 플레어의 발생으로 증가된 X선과 자외선에 의해 전리층의 D층이 낮 지역에서 이온화되기 때문이다. 두꺼워진 이온화된 D층은 단파를 흡수하게 되는데, 이러한 현상을 단파 감

쇠라고 부르며 수분에서 수 시간 동안 지속된다. 또한, 태양에서의 교란 발생 후 수 시간에서 수 일이 지나면 도착하게 되는 태양 프로톤은 지구의 극지방으로 침투하여 HF 통신을 완전히 단절시키기도 한다. 이러한 현상은 극관흡수현상(PCAs)이라 부르는데, 플레어의 규모에 따라 수 일간 계속되기도 한다. 전리층 폭풍은 태양 교란과 연관되어 일어나게 되는데, 이러한 폭풍은 지역과 시간에 따라 이온화된 전리층의 밀도를 증가시키거나 감소시킨다. 밀도의 감소는 단파통신에 심각한 문제를 일으키게 된다.

이와 같이 우주환경교란은 단파통신에 중요하고 극적인 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 태양활동 및 지자기 변화 등에 따른 전리층 변화의 특징에 대한 연구를 수행한다. 이를 통해 우주전파환경 변화에 따른 예측 프로그램 개발을 위한 기초 토대를 마련하는 데 본 연구의 목적을 둔다. 또한 단파통신뿐만 아니라 국내 위성통신의 안정된 운용을 돕기 위한 전리층 변화에 따른 전파전달모델을 개발하고, 이 모델과 연계하여 전파통신 교란 예보 서비스를 제공하기 위한 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어를 개발하고자 한다.

본 연구의 내용은 다음과 같다. 제 2 장에서는 태양활동 변화 등에 따른 전리층 변화 연구의 일환으로 우주환경변화에 의한 단파통신의 변화 및 NASA의 National Space Science Data Center(NSSDC)의 데이터베이스로부터 분석한 전리층 모델을 소개한다. 또한 전리층 변화에 의한 Ionogram의 패턴을 분류하고 그에 따른 전리층 변화 특징을 체계화하고, 통신장애와 전리층 변화와의 관계를 분석한다. 제 3 장에서는 전리층 모델을 이용한 전파전달모델로서 호주 RWC(Regional Warning Centers)인 IPS에서 개발한 ASAPS(Advanced Stand Alone Prediction

System)를 분석하고, 이를 기반으로 전리층 변화에 따른 한반도 상공의 전파전달 예측 모델을 개발한다. 제 4 장에서는 개발된 전파전달 예측 모델과 연계하여 예보 서비스를 제공하기 위한 인터넷 기반의 소프트웨어를 개발한다. 제 5장에서는 본 연구결과의 활용 내용을 정리하고, 마지막으로 제 6 장에서는 본 연구 수행의 결과를 요약한다.

## 제 2 장 태양활동 변화 등에 따른 전리층 변화 연구

### 제 1 절 단파 전파의 특성

#### 1. 용어 설명

##### 가. MUF(Maximum Usable Frequency)

송수신 점간의 거리가 주어졌을 때 전리층 반사파를 사용하여 통신할 수 있는 상한의 주파수로 임계주파수, 전리층의 높이, 송수신 점간의 거리 등에 의해 결정된다. MUF는 전리층을 통과하는 주파수와 반사하는 주파수의 경계주파수이므로 주어진 두 송수신소 간의 주파수 선택에 있어 가장 중요한 역할을 한다. 시간, 계절, 태양 흑점 수에 따라 변하며 일반적으로 주간에는 높고 야간에는 낮다. 또한 여름이 겨울보다 높고 태양 흑점 수가 많은 해에 높고 송신전력과 무관하다.

##### 나. LUF(Lowest Usable Frequency)

송수신점 간의 전리층 반사파를 사용하여 통신할 수 있는 최저의 주파수를 말하며 이러한 관계로 LUF보다 낮은 주파수는 모두 전리층 반사통신에 사용할 수 없다. LUF의 결정요인은 다음과 같다.

- 시간, 계절, 송수신점 간의 위치, 태양 흑점 수 및 주파수
- 수신 지점에서의 잡음(외부잡음이 크면 S/N비가 낮아지고 LUF는 높아짐)

- 송신전력 및 송수신 안테나의 이득(전리층에서의 감쇠를 보충)
- 수신 장치의 최소 필요입력 전력(업무 종류에 따라 수신기의 필요 S/N비가 결정)
- 통신방식

다. FOT(Frequency of Optimum Traffic or OWF : Optimum Working Frequency)

MUF에 가까운 주파수는 전리층의 전자 밀도가 변동하기 때문에 통과할 가능성이 있으며 제2종 감쇠가 커지고 LUF에 가까운 주파수는 제 1종 감쇠가 커져서 경우에 따라서는 통신 불능이 되는 가능성이 있기 때문에 최적사용주파수는 MUF의 85%가 되는 주파수로 결정된다.

$$FOT = MUF \times 0.85$$

## 2. 거리에 의한 단파의 전파 특성

단파는 주로 전리층에서 반사되는 전리층 반사파를 이용하므로 수신 전계 강도는 주파수, 전리층의 상태에 따라 크게 달라지며 전리층 상태는 시간, 일, 계절 및 기후 조건 등에 따라 변화하게 되므로 전리층 상태를 예측하는 것이 통신에 아주 중요하다. 단파는 파장이 짧으므로 지표파는 감쇠가 심하여 거의 실용성이 없다. 그러나 전리층 반사파는 F층 반사로 전파되는데 제1종 감쇠가 적으므로 소전력으로 원거리 통신이 가능하다. 편의상 도약 거리 이내를 근거리, 그 밖을 원거리라고 하면 거리에 따른 전파특성은 다음과 같다.

#### 가. 근거리 전파

송·수신점 부근에서는 직접파, 지표파 및 전리층파가 있는데 지표파는 감쇠가 크고 직접파는 오히려 초단파 쪽이 유리하므로 실용되지 않는다. 도약거리 이내의 불감지대에서도 미약하나마 수신이 되기도 하는데 이는 전리층 산란파의 산재 E층의 반사에 의한 것이다

#### 나. 원거리 전파

F층 반사파에 의존하므로 MUF(Maximum Useable Frequency) 보다 낮은 주파수를 선택하여야 하며 전파 특성은 전리층의 상태, 입사각 등에 의해서 달라진다. 임계 주파수 보다 높은 주파수를 사용할 때에는 입사각이 작을수록 투과할 가능성이 커진다. 또 전자 밀도가 클수록 임계 주파수의 전파는 반사가 잘 되지만 전리층에서의 감쇠가 커지므로 MUF의 85 %의 주파수를 사용하며 이를 FOT(FOT: Frequency of Optimum Traffic or OWF: Optimum Working Frequency)라고 한다. 주간과 야간의 일출, 일몰시에는 그 중간쯤 되는 전파를 사용함으로써 안전한 통신을 할 수 있다. 전파 통로가 고위도 지방을 통과하면 극광(Aurora), 자기폭풍(Magnetic Storm) 등의 영향을 많이 받아 전파 상태가 불안정하여 진다. 자기폭풍이 끝나면 평상시보다 수신 상태가 좋아질 때도 있다. 또 고위도 전파 시에는 텔러저 현상의 영향을 받지 않는다. 동일 거리에 있어서 남북간의 통신이 동서간의 통신보다 신뢰도가 높고 연속적인 통신을 확보하기가 용이하다. 그 이유는 동서간 통신보다는 남북간 통신로가 전 통로에 걸쳐 균일한 태양 광선을 받기 때문이다. 동서 통신에서는 도약성 페이딩이 생기고 극광대 근처에 접근한 남북통신에서는 Flutter 페이딩이 발생한다. 공전의 영향은 비교적 적지만 공

전이 빈발하는 적도를 포함하는 남북 통신이 더 많은 영향을 받는다. 대척점 효과가 있는 곳에서는 전계 강도가 커지고 페이딩도 적어진다. 이때의 전파의 도래방향은 시간적, 계절적으로 거의 규칙적으로 변화한다

### 3. 사용 시간에 의한 전파특성

단파 통신은 F층 반사파에 의한 전파가 대부분이므로 F층에서 반사되고 감쇠가 적게 되는 주파수의 사용이 요구된다. 반사되는 주파수의 상한인 MUF는 전리층의 전자 밀도의 평방근에 반비례하므로 전리층의 전자 밀도의 변화에 따라 달라진다. 일반적으로 F층의 전자밀도는 낮에는 크고 (F1, F2 층으로 분리되고, 특히 12 ~ 14시 사이가 가장 크다) 밤에는 적으며 일출시에 최소로 된다. 한편 E층(낮에는 D층도) 통과 시 1중 감쇠 전자 밀도가 높을수록 또 주파수가 낮을수록 크기 때문에 전자밀도가 큰 낮에 특히 F층은 F1층, F2층으로 나뉘어 전자밀도가 가장 큰 F2층의 반사에 의한 통신은 될 수 있는 대로 MUF에 가까운 주파수를 사용하는 것이 유리하다. 한편 밤에는 F1, F2층이 합쳐지고 D층은 소멸하여 E층의 전자밀도도 매우 적어지므로 E층에 의한 감쇠도 적어진다. 그러므로 주간과 야간에 사용하게 되면 전리층 반사가 이루어지지 않고 F층을 뚫고 나가게 되므로 낮은 주파수로 바꾸어 사용하지 않으면 안 된다.



표 2.1.1 전리층 감쇠의 종류별 비교

1종 감쇠	2종 감쇠
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전리층을 통과 시 받는 감쇠</li> <li>• 주파수의 제곱에 반비례</li> <li>• 전자밀도, 평균 충돌 횟수에 비례</li> <li>• 전리층을 비스듬히 통과할수록 감쇠가 크다</li> <li>• LUF 결정</li> <li>• 저위도, 여름, 주간(정오)에 감쇠 최대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전리층을 반사할 때 받는 감쇠</li> <li>• 주파수의 제곱에 비례</li> <li>• 평균 충돌 횟수에 비례</li> <li>• 전리층의 침투 깊이에 따라서 감쇠가 크다</li> <li>• MUF 근처에서 감쇠 최대</li> <li>• 태양 활동 주기, 계절, 시각에 따라 변화</li> </ul>

#### 4. 페이딩의 원인과 대책

페이딩이란 수신되는 전파가 지나온 매질의 변화에 따라 그 수신전파의 강도가 급격하게 변동되는 현상으로 그 종류와 원인은 다음과 같다.

예를 들면, 해외단파방송(海外短波放送)을 듣고 있을 때 가끔 음향과 음질이 변할 때가 있다. 이것은 전파(傳播)되는 상태가 변하기 때문에 일어난다. 페이딩의 원인은 전파가 전달되는 매질의 전기적 상수가 시간적으로 변해서 전파의 손실을 가져오거나, 통로의 굴곡에 의해서 생기는 수도 있으며, 같은 송신지점에서 송신된 전파가 둘 이상의 경로를 거쳐서 수신될 때 합성되는 전파의 세기가 각 전파가 생기는 위상차(位相差)의 변화에 따라 간섭파가 시간적으로 변하기 때문에 생기는 수도 있다. 단파방송에서는 일반적으로 전리층에 의한 반사전파가 수신되므

로, 전리층 상태의 변화에 따라 전파의 세기가 크게 변할 때가 있다. 수신전파는 전리층으로부터 오는 여러 가지 반사파의 합성파가 되므로 복잡한 간섭파가 시간적으로 변하기 때문에 전파의 세기가 변할 뿐만 아니라(同期性 페이딩), 점유 주파수대 내에서도 부분적으로 강약이 발생하는(선택성 페이딩) 수도 있으며, 이것이 음질의 변화를 초래하게 된다. 중파(中波) 방송은 지표면을 전파하는 전파가 쓰이므로, 이 페이딩 현상은 잘 나타나지 않는다.

#### 가. 페이딩의 원인별 종류와 대책

##### (1) 간섭성 페이딩

- 원인: 동일 전파를 수신할 때에 두 개 이상의 다른 경로를 거쳐 수신되는 경우 발생하는 페이딩
  - 근거리 페이딩 : 방송파 대에서는 지상파와 전리층 반사파의 간섭에 의한 페이딩
  - 원거리 페이딩 : 단파에서는 전리층과 상호간의 간섭에 의한 페이딩
- 대책: Frequency Diversity, Space Diversity

##### (2) 편파성 페이딩

- 원인: 직선 편파가 지구자계의 영향으로 타원 편파가 될 때 편파면이 시간적으로 회전하기 때문에 수신 공중선의 유기 전압 변동으로 생기는 페이딩
- 대책: Polarization Diversity

### (3) 선택성 페이딩

- 원인: 반송파와 측파대가 받는 감쇠의 정도와 전리층이 상하 좌우로 이동할 때 각각 받는 감쇠의 정도가 달라져서 생기는 페이딩
- 대책: Frequency Diversity, Single Side Band Transmission

### (4) 흡수성 페이딩

- 원인: 전파가 전리층을 통과하거나 반사될 때에 전자와 공기 분자와의 충돌 때문에 그 일부가 흡수되어 생기는 페이딩
- 대책: 수신기에 AGC(Automatic Gain Control) 부가

### (5) 도약성 페이딩

- 원인: 도약 거리 근처에서 일어나는 페이딩이며 전파가 전리층을 사각에 따라서 투과 또는 반사하기 때문에 생기는 페이딩
- 대책: Frequency Diversity

## 나. 페이딩의 방지 방법(다이버시티 수신방식)

### (1) Frequency Diversity

동일 송신 점에서 동시에 서로 다른 둘 이상의 주파수를 발사하여 수신하는 방법이다. 주파수가 다르므로 페이딩을 받는 상태가 다르고 양 주파수의 수신 출력의 최악 상태가 동시에 일어나는 확률이 적게 되어서 페이딩의 영향을 적게 할 수 있다.

## (2) Space Diversity

둘 이상의 수신 공중선을 서로 다른 장소에 설치하고 이 두 수신 공중선의 출력(수신 출력)을 합성 또는 양호한 출력을 선택 수신하면 페이딩의 영향을 경감할 수 있다. 이 때 공중선은 2~수파장 정도 서로 이격시켜 상관하지 않도록 하여야 하므로 넓은 주파수대는 요하지 않으나 장소를 넓게 차지하는 것이 결점이다.

## (3) Polarization Diversity

전리층 반사파는 일반적으로 지자극의 영향을 받아 타원편파로 변화되므로 그 전계는 수평 분력과 수직분력을 갖고 있다. 수신용에 수평편파 공중선과 수직편파 공중선을 따로 설치하여 각 분력을 분리 수신 합성하게 되면 페이딩의 영향을 경감할 수 있게 된다.

## (4) MUSA(Multiple Unit Steerable Antenna System)

실제로 나타나는 페이딩은 거의 간섭에 의한 것으로 서로 다른 전파 경로를 통과한 전파가 수신점에 이르러 서로간의 간섭을 일으키는 것이다. 여기서 전기적 합성에 의해 빔 공중선의 지향성을 변화시켜 항상 최대 강도의 전파 도래 방향에 지향성을 향하여 수신하는 방법을 취하면 간섭에 의한 영향을 경감할 수 있다. 단파대에 있어서 지향성이 예민한 공중선은 대형으로 되고 이것을 여러 개 설치하면 넓은 공간을 필요로 하는 결점이 있다.

## (5) AVC(Automatic volume control)

자동 음량 조절기로서 반송파의 강도가 변화하는 것을 이용한 것으로

반송파의 정류 출력을 고주파 중간 주파 증폭단의 증폭도를 변화시켜 수신기의 출력을 일정하게 유지시키는 방법이다. 주의할 것은 반송파가 강할 때는 증폭도를 감소시키게 되므로 수신기의 감도, 이득은 저하된다. 또 정류 전류를 증폭단에 가할 때는 어느 일정한 시정수를 갖는 것이 보통이다. 전화 수신 및 고속 전신 수신 등에 이용되지만 저속 전신 수신에는 이용되지 않는다. 또한 강한 전파를 수신하고 있는데 급히 다이얼을 돌려 다른 전파를 수신할 때에는 AVC의 시정수의 사이만큼 수신기의 이득이 감소되므로 약한 전파는 수신되지 않는 점에 유의해야 한다.

#### (6) Limiter

전신 수신기의 검파 회로 다음에 진공관의 포화 특성 또는 네온관 단자 전압의 일정성을 이용하여 검파된 전신 파형을 정(+)의 구형파로 수정하는 것으로 침투성의 잡음을 제거하여 S/N비를 크게 하는데 이용된다.

## 제 2 절 단파통신과 우주환경변화 효과

### 1. 단파통신 장애와 Polar Cap 흡수현상

때때로 지구에는 태양으로부터 매우 빠른 속도를 가진 프로톤 입자구름이 불어온다. 이를 태양 프로톤현상이라 한다. 태양 프로톤은 자극 근처의 지구자기권을 투과하며 천만 eV 이상의 에너지를 갖고 전리층에 도달한다. 이 때 대기입자들과 충돌하여 자유전자를 발생시켜 낮은 고

도의 전리층(D, E 층)의 밀도를 증가시킨다.

저층의 전리층에서의 입자들의 증가는 고주파(HF) 영역에서의 단파 통신 두절을 일으킨다. 이를 폴라캡 흡수현상(PCA)이라 한다. 일반적으로 D, E 층의 낮은 전리층에서 반사되는 저주파 전파는 전파경로의 급격한 변화로 인하여 평소보다 낮은 높이에서 반사된다. PCA 현상은 태양 자기장 교란 위치와 규모에 따라 수 일 동안 지속되어 전파통신에 심각한 장애를 일으킨다.

## 2. 단파장 감쇄와 태양플레어

태양플레어 발생 후 8 분만 지나면 자외선과 X선 Burst가 지구의 낮 지역을 강타한다. 이 고에너지 복사는 대기입자에 의해 흡수되어 에너지 상태를 여기시켜 광전효과에 의해 자유전자를 증가시킨다. 지구의 낮지역 전체에 걸친 D, E층의 밀도는 급격히 증가한다.

HF 파장대의 단파는 전리층 하층의 입자증가로 인해 흡수되는데 그 결과 전파통신에 장애를 일으킨다. 이를 단파 페이드아웃 (Short Wave Fadeout; SWF or Dellinger effect)이라 한다. SWF 현상은 수분에서 수 시간 지속되고 태양이 머리위에 있는 적도 지역에서 가장 심하다.

## 3. 전리층 폭풍

전리층 폭풍동안에 고층에서 나타나기 시작하여 폭풍이 멈추면서 급격히 사라지는 전리층에서의 밀도증가는 대기를 투과하여 중성 대기가 스를 여기시켜 자유전자의 증가를 일으키는 빠른 속도의 입자들 때문이

다. 이러한 고속입자는 오로라 빛을 만들어낸다. 낮은 고도 전반에 걸친 밀도변화는 전리층 폭풍이 시작되면 바로 나타나고 멈춘 이후에도 오래 지속되는데 이 때 밀도가 증가하는 것을 positive 폭풍효과라 부르고 밀도가 감소하는 것을 negative 폭풍효과라 부른다. 전리층 폭풍동안 대기시스템에서의 대규모 변동과 고층대기에서의 성분, 온도의 변화는 전리층의 급격한 변동의 원인이 된다. positive, negative 폭풍효과는 폭풍 현상에 따라 매우 복잡하며 다양하다. 이러한 복잡한 변화를 만들어내는 동적과정은 아직 잘 이해되고 있지 않지만 현재 이론적, 관측적 연구가 활발히 진행되고 있다.

전리층을 이용하여 반사되던 전파는 전리층의 밀도가 감소되면 전리층을 뚫고 통과해 나가기 때문에 전리층 밀도감소는 전파통신 장애의 주원인이 된다. 최대 가용주파수 (Maximum Useable Frequency: MUF)는 전리층 폭풍동안 2배정도 감소하기도 한다. 이러한 폭풍현상은 고위도의 경우 더욱 심각하다. 전리층 폭풍에 의한 전리층의 심각한 밀도감소는 하루 혹은 그 이상 지속될 수 있다.

#### 4. 신호 Scintillations

전리층은 지상 40~400 km 사이에 퍼져있는 전자와 이온으로 이루어져 있다. 단파신호는 이러한 층의 하부에서 반사되어 지상으로 되돌아온다. 그러나 고주파의 경우는 전리층을 투과해 나가 지상과 위성간의 통신에 사용된다. 이 때 전리층이 작은 규모의 비정상적인 밀도구조를 가지고 있으면 지상과 위성간의 통신에 사용되는 전파가 불규칙적으로 진폭감소와 위상변화를 일으켜 전파를 통해 전달되는 정보가 상실되거

나 해독이 불가능해진다. 이러한 현상을 scintillation이라 한다.

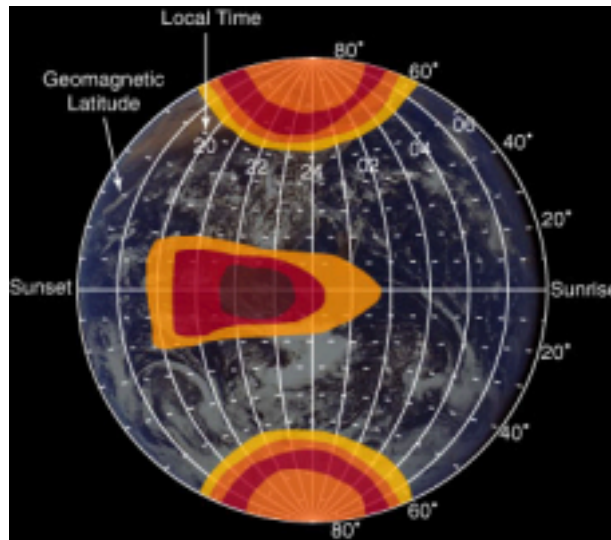


그림 2.2.1 Scintillation이 주로 일어나는 지역.

적도, 그리고 남북극의 세 지역.

scintillation 활동이 주로 일어나는 지역은 적도, 그리고 남북극의 세 지역이다(그림 2.2.1). 극지방 전리층밀도의 불규칙성은 오로라 입자가 빠르게 하강함으로써 생긴다. 오로라 입자들이 대기입자와 극렬히 충돌하여 자유전자를 증가시킴으로써 전리층의 밀도를 증가시킨다. 고속으로 하강하는 입자 흐름은 우주공간에서는 규칙적인 분포를 갖지만 전리층에서는 불규칙적인 구조를 가지며 오로라 빛을 만들어낸다. 덧붙여 고위도에서 낮지역에서 밤지역으로, 또는 밤지역에서 낮지역으로 흐르는 전리층 플라즈마 흐름은 대규모의 플라즈마 구(plasma bulb)와 밀도 골짜기(density trough) 구조를 만든다. 이 구조의 가장자리는 매우 불



안정하여 심각한 scintillation 효과를 내는 소규모의 밀도 불규칙 지역을 만들어낸다. 이러한 종류의 불규칙성은 우주환경의 격변이 발생하는 동안 지리적인 위치와 그 정도가 변한다. 적도지방의 경우, 전리층 밀도의 불규칙성은 전리층의 F층 하부에서 형성되는 거품 때문에 발생한다. 이 거품은 전리층 상부로 퍼져나가 일몰 후 나타나서 깃털모양으로 변한다. 이 때 깃털모양의 가장자리를 따라 불안정한 소규모의 밀도불규칙 구조가 형성된다. 이 소규모의 불규칙 지역이 심각한 scintillation 효과를 일으키게 되며 2~3시간 지속된다. 밀도 불규칙 현상은 우주환경 격변과 관련되기 보다는 태양활동주기와 더 연관이 된다.

## 5. 스포라딕 E층 (Sporadic E)

전리층 E영역에서 고립되어 불규칙적으로 발생하는 고밀도의 얇은 전자구름 층을 Sporadic E라고 한다. Sporadic E는 지상 90~130km 사이에 생성되고 너비는 수 km~수백 km에 이르기도 한다. 발생 원인은 열권의 바람에 의해 생성되는 것으로 생각되고 있다. 이러한 Sporadic E층의 갑작스런 발생에 의해 HF 통신 장애와 VHF 통신 두절 등이 일어난다. Sporadic E는 주간에 빈번하게 발생하고, 늦봄에서 초가을에 집중적으로 발생하는 것으로 관측되고 있다.

## 제 3 절 전리층 모델

전리층은 60km~2000km 고도의 지역으로, 태양 복사에 의해 부분적으로 이온화된 플라즈마들이 생성되는 영역이다. 1000km이상에서는  $H^+$

및  $\text{He}^+$ , 300km~500km에서는  $\text{O}^+$ , 200km 이하에서는 분자구조의 이온들 ( $\text{NO}^+$ ,  $\text{O}_2^+$ ,  $\text{N}_2^+$ )이 주로 분포하고 있다. 총 이온 밀도 (=전자 밀도)는  $10^8 \sim 10^{13}/\text{m}^3$  정도이고, 중성바람과 전기장에 의해 구동되는 전자와 이온은 지구의 자기력선을 따라 움직인다.

전리층의 전자 밀도는 무선/원격 통신, 위성의 위치 추적 및 우주공간에서의 지구 관측 등 다양한 응용 분야에서 반드시 필요로 하는 정보이다. 따라서 전리층의 변수를 모델링 하는데 상당한 노력이 집중되고 있다. 모델로는 현상학적인 Chiu 모델, 위성 추적에 광범위하게 사용되고 있는 Bent 모델, 이론적으로 얻어지는 그리드 값을 토대로 하는 semi-empirical SLIM 모델 및 SLIM의 결과와 Chiu의 형식을 함께 사용하는 최근의 FAIM 모델 등이 있다. 그 외에 International Reference Ionosphere(IRI)는 위 모델들 중에서 가장 완전한 것으로 20년 이상의 정밀한 조사와 개선을 해오고 있다. 한편 전리층 전자 밀도의 분포는 중요한 F2-peak와 함께 몇 개의 peak를 보인다. Spherical harmonics를 사용한 세계 지도는 F2-peak 임계 주파수 foF2를 위해 개발되었으며, F2-peak 전자 밀도는 foF2의 제곱과 선형적인 관계를 가지고 있다. MINIMUF와 IONCAP는 전파 전달을 위해 개발된 소프트웨어이며 미국 NOAA의 World Data Center에서 얻을 수 있다. 또한, 약간 특별한 목적을 위해 전자 온도, 이온 구성 성분(상대적인 이온 밀도) 및 이온 drift 등을 위한 모델들이 개발되었다. 전리층을 가장 완전하게 표현하는 IRI는 이온 온도, 전자 온도, 이온 성분 및 이온 drift를 포함하고 있다.

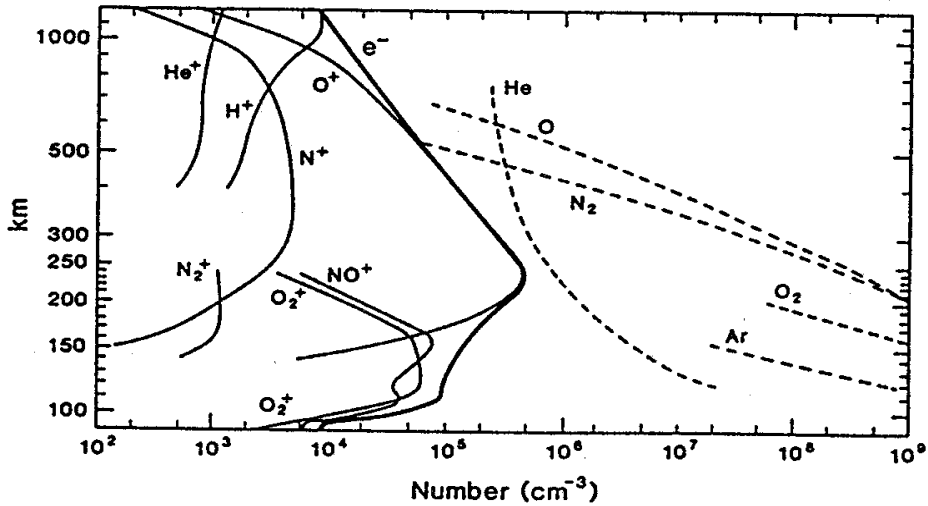


그림 2.3.1 전자, 이온, 그리고 중성입자의 밀도 분포 (Johnson, 1969).

현재 전리층 변수의 거의 모든 실험적 모델들은 자기적으로 안정한 상태 (non-auroral)에 제한된다. 이러한 제한 조건을 극복하고 전리층을 예측하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 고위도에서 플라즈마 밀도와 온도는 전기장과 입자의 낙하(precipitation)에 강하게 영향을 받는다. 오로라 지역과 극지방(polar zone)은 전리층과 자기권 사이를 연결하는 지역이며, 자기권은 전기장과 입자 투하의 근원이 된다. 전기장 및 전자와 이온 낙하의 실험적 모델링은 지난 10년에 걸쳐 큰 진전을 보였다. Volland, Heelis 및 Utah 전기장 모델은 이론적으로 유도된 표현을 관측된 특성에 맞도록 수정한 semi-empirical 모델들이다. 실험적 모델들로는 지구자기장의 지상 관측으로부터 개발된 IZMIR 모델, incoherent scatter 자료로부터 개발된 Millston Hill 모델, Dynamic Explorer(DE) 위성 관측 자료로부터 개발된 Heppner-Maynard-Rich 모델 등을 들 수 있다. 오로라 위도에서 낙하하는 입자의 플럭스와 에

너지를 모델링하기 위한 모델로는 AFGL Electron Precipitation 모델, Ion Precipitation 모델 및 Rice 모델 등이 개발되어 있다.

## 1. International Reference Ionosphere (IRI)

International Reference Ionosphere(IRI)는 Committee on Space Research(COSPAR)와 International Union of Radio Science(URSI)가 후원하는 국제적인 기획으로서 모든 가능한 자료를 바탕으로 전리층의 실험적인 기준 모델을 만들기 위해 60년 만에 Working Group을 형성하였으며, 꾸준히 개선된 모델의 개정판들을 제공하고 있다. IRI에서는 전자, 이온 및 중성 입자(CIRA-86)의 온도와 전자 및 이온( $O^+$ ,  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O_2^+$ ,  $NO^+$ )의 밀도 등이 제공되며, 주어진 위치, 시간, 날짜에 따라 50~2000km 고도에서의 전자 밀도, 전자 온도, 이온 온도 및 이온 성분 등을 기술할 수 있다. 또한 자기적으로 안정된 조건에서 non-auroral 전리층의 1달 평균을 제공할 수 있다. 필요로 하는 대부분의 관측 자료는 ionosondes, 강력한 incoherent scatter radars(Jicamarca, Arecibo, Millstone Hill, Malvern, St. Santin), ISIS와 Alouette topside sounders 및 몇 개의 위성과 로켓의 현장 관측 등의 전세계적인 네트워크를 통해 얻어진다. IRI는 전문적인 IRI 워크숍 동안(예; COSPAR 총회) 매년 갱신되며, 이온 drift, 오로라와 극지방 전리층의 기술 및 자기 폭풍 효과에 대한 고려 등을 위한 모델링을 포함하는 몇 가지의 확장이 계획되고 있다. IRI의 복사 원지는 National Space Science Data Center(NSSDC)에서 보유하고 있으며, Working Group의 결정에 따라 갱신된다. NSSDC에서 배포하는 소프트웨어에는 FORTRAN 서브루틴, 모델 계수

(CCIR과 URSI) 등이 포함되어 있다.

## 2. 전자 밀도 모델

전자 밀도 모델은 Chiu 전리층 모델, Bent 전리층 모델, Penn State Mk III 모델, SLIM 모델, FAIM 모델 등이 사용되고 있다.

### 가. Chiu Ionospheric Model (1975)

Chiu 전리층 모델은 전지구적이고 현상학적인 모델로서 지방시(local time), 위도 및 태양 흑점 수에 따른 전리층 전자 밀도의 대규모 변화를 기술할 수 있으며, 1957년에서 1970년에 걸친 50 곳의 관측소로부터 얻은 ionosonde 자료를 바탕으로 만들어졌다. Chiu 모델은 1975년 Chiu에 의해 개선되었으며 FAIM 모델을 위한 시작점으로써 제공되었다. 이 모델은 50개 이하의 계수를 사용하는 간단한 모델로서 적도와 고위도에 대한 사용은 제한된다. 그러나 빠르고 쉽게 조작할 수 있는 장점이 있으며, 현재 polar cap 전리층을 위한 확장이 계획되고 있다.

### 나. Bent Ionospheric Model (1972)

Bent 전리층 모델은 위도, 경도, 시간, 계절 및 태양 전파 플럭스의 함수로서 전리층의 전자밀도를 기술할 수 있다. 이 모델은 약 50,000 Alouette topside ionogram(1962~1966년), 6,000 Ariel 3 현장 관측(1967~1968년), 및 400,000 bottomside ionogram(1962~1969)을 토대로 만들어 졌으며, 위성을 추적할 때 전리층 굴절 교정을 위해 널리 사용되고 있다. 그러나 D, E, F1 층 등의 낮은 이온층은 포함되어 있지 않다. 반면 IRI는 bottomside 밀도 구조를 자세히 묘사하기 때문에 Bent

모델보다 나은 결과를 보여준다.

#### 다. Penn State Mk III Model (1985)

Penn State Mk III 모델은 (1) 120~1250km 사이의 전리층 전자 밀도, (2) 전리층 전자 함유량(content), (3) sporadic E 발생의 통계적 성질 등을 제공하며, 고정된 위치에서 하루 동안에 걸친 분포와 고정된 세계시 (universal time)에서 위치에 대한 분포를 제공할 수 있다. 이 모델은 이론적 계산과 F-peak 변수를 위한 실험적 모델이 결합되어 있는데, Mk III는 Nisbet(1971)와 Lee(1985)에 의해 Pennsylvania State University에서 개발된 모델을 수정한 개정판이고, MSIS-83 대기권 모델, AE-E 위성에 의해 관측된 태양 플럭스(Hinteregger and Fukui, 1981), Torr et al.(1979)의 반작용 비율 및 Rush et al.(1984)에 의해 개발된 F-peak 변수를 위한 semi-empirical 지도 등을 사용하고 있다.

#### 라. SLIM Model (1985)

Semi-Empirical Low-Latitude Ionospheric Model(SLIM)은 저위도 전리층의 이론적 모사에 기초를 두고 있으며, 180~1800km 사이의 전자 밀도 분포는  $O^+$  이온에 대한 연속방정식에 의해 위도(저위도 24N~24S 사이를 매 4° 간격으로)와 지방시(매 시간)에 따라 결정된다. 모델을 이용한 계산은 춘·추분, 6월 하지 및 12월 동지와 태양활동 극소기, 극대기에 대해 실행된다. 다른 계절을 위한 이론적 계산에 사용되는 입력변수로는 Mass-Spectrometer-Incoherent-Scatter(MSIS) 모델의 중성온도와 밀도, IRI 모델의 온도 비 및 Jicamarca incoherent scatter radar에 의해 관측된 일일의 이온 drift 패턴 등이 포함되어 있다.

마. FAIM Model (1989)

Fully Analytical Ionospheric Model (FAIM)은 SLIM 모델의 적합한 계수를 가지고 Chiu 모델의 형식을 이용하여 만들어진 모델이다.

### 3. F2-Peak 모델

F2-Peak 모델로는 MINIMUMUF/QSTMUF Model, IONCAP Model, 및 WBMOD Ionospheric Scintillation Model 등을 들 수 있다.

가. MINIMUMUF/QSTMUF Model (1985)

MINIMUMUF/QSTMUF Model은 HF 전파 전달 경로에 따른 maximal usable frequency (MUF)를 위한 간단한 예측 프로그램이다. 예측된 MUF에 가까운 주파수를 사용함으로써 보다 효율적인 통신 채널을 확보하게 된다. 모델에 필요한 입력 자료로는 sounding paths의 다양한 상태에 따라 간접적으로 측정되는 많은 ionograms 자료를 이용하고 있다. 계산 결과로서 주어진 날짜, 송신소, 수신소 및 태양 플럭스 지수 또는 태양 흑점 수에 따른 시간대별 MUF 값을 얻을 수 있다.

나. IONCAP Model (1983)

전리층 신호 전달 분석과 예측 프로그램(Ionospheric Communications Analysis and Prediction Program; IONCAP)에서는 전자 밀도, MUF 및 원격통신 시스템을 위한 실행 추정 등의 파라미터들을 제공하고 있다. 또한 IONCAP은 어떤 임의의 위치에서 HF 전달 파라미터를 계산하는 방법을 제공하며, field 세기, 모드 신뢰성 및 lowest useful frequency(LUF) 등의 변수들도 계산할 수 있다. 이러한

변수들을 사용하여 take-off angle의 함수로서 안테나 게인(antenna gains)을 정확하게 구할 수 있고, 회로의 수신 지점에서 평가되는 signal-to-noise로서 요구되는 시스템의 실행 조건을 명확하게 정의할 수 있게 된다. 입력변수는 송신 지점과 수신 지점, 송신기 파워, 세제시, 달 및 태양 흑점수 등이 요구된다.

#### 다. WBMOD Ionospheric Scintillation Model

WBMOD Ionospheric Scintillation Model은 100MHz 이상의 주파수를 가지는 전파가 전리층을 통과할 때, 이 전파 채널에서 보이는 전리층 scintillation의 효과를 추정하는 프로그램이다. 이 모델은 scintillation과 power-law를 일으키는(Secan et al. 1995, 1997) F-영역 전자 밀도의 불균일성의 기후학에 기초를 둔다. 모델은 전 지구적 변화를 기술할 수 있으며, 태양활동 주기, 계절, 지구 자기장의 교란 정도 및 지방시 (local time)의 변화 등을 포함하고 있다.

## 4. 전자 온도 모델

전자 온도 모델로는 Density Dependent Electron Temperature Model, AEROS Electron Temperature Model, AE/ISIS Electron Temperature Models 등을 들 수 있다.

#### 가. Density Dependent Electron Temperature Model (1978)

이 모델은 전자 밀도  $N_e(/m^3)$ 와 높이  $h(km)$ 의 함수로서 130~400km 사이 영역에서 낮 시간 동안의 전자 온도를 기술하며, 2.1973~12.1974 기간 동안, 위도 50N~50S 사이, 85° 보다 작은 태양 천정각



(zenith angle)에서의 AE-C Langmuir probe 관측 자료를 사용하고 있다. 태양활동 변화를 포함하는 확장된 버전은 이미 IRI에서 사용되었다(Bilitza et al., 1985).

$$T_e = 1051 + (17.01 \times h - 2746) \times \exp(-5.122 \times 10^{-4} \times h + 6.094 \times 10^{-12} \times N_e - 3.353 \times 10^{-14} \times h \times N_e)$$

#### 나. AEROS Electron Temperature Model (1979)

AEROS Electron Temperature Model은 고도 300~700km 사이와 두 지방시(3 a.m./ 3 p.m.)에서의 전 지구적 전자 온도 변화를 제공하고 있다. 이 모델은 1973년 처음 100일에 걸쳐 수집된 AEROS retarding potential analyzer의 자료를 바탕으로 만들어 졌으며, 자기 위도와 경도의 함수로서 전자 온도를 나타낼 수도 있다.

#### 다. AE/ISIS Electron Temperature Models (1981)

본 모델에서는 전리층 전자 온도의 전지구적인 실험모델 몇 가지를 포함하고 있다. 3000km 고도에서의 두 모델(equinox와 solstice)은 ISIS 1 위성의 관측 자료(1969-1970)를, 1400km 고도에서의 세 모델(equinox, December solstice, June solstice)은 ISIS 2 위성 자료(1971-1972)를, 300~400km에서의 두 모델(equinox, June solstice)은 AE-C의 자료(4/75-12/76, 2/77-6/78)를 각각 기초 자료로 사용하고 있다. 모델의 결과는 dip 위도, 지역시간의 함수로서 전자온도 변화를 기술하며, 또한 이러한 모델들은 IRI에서 사용되었다(Bilitza et al., 1985).

## 5. Ion Composition and Drift Models

이온 성분 및 Drift 모델로서 DY Ion Composition Model, ISR Ion Drift Model 및 St. Santin Ion Drift Model 등이 사용되고 있다.

### 가. DY Ion Composition Model (1985)

DY Ion Composition 모델은 고도 75~1000km에서 고도, 태양 zenith angle, 위도, 태양 전파 플럭스 및 달(month)의 함수로서 전리층의 이온 성분을 기술한다. 본 모델은 Electron 2, 4와 S3-1의 위성 관측 자료와 20개의 로켓 관측을 바탕으로 Danilov and Semenov(1978)에 의해 만들어진 초기 모델에 기초를 두고 있다. 또한  $O^+$ 를 위한 54개,  $NO^+$ ,  $O^{+2}$ ,  $H^+$ ,  $He^+$ ,  $N^+$ 를 위한 18개, cluster 이온들을 위한 6개의 참고 도표가 구성되어 있다. 해석학적 함수는 고도, 태양 zenith angle, 위도( $O^+$ ,  $N^+$ ,  $He^+$ ,  $H^+$ 에 대해서만), 계절( $NO^+$ ,  $O^{+2}$ ,  $O^+$ , Cluster에 대해서만) 및 태양 활동(cluster를 제외한 모든 이온)에 따른 변화를 나타내기 위해 사용된다.

### 나. ISR Ion Drift Model (1980)

ISR Ion Drift 모델은 지자기적 위도  $-65^\circ \sim +65^\circ$  사이, 고도 약 300km에서 이온의 속도를 기술할 수 있다. 이 모델에서는 Millstone Hill(5/76-11/77), St. Santin(2/73-12/75), Arecibo(8/74-5/77) 및 Jicamarca(1/74-10/77)에서의 incoherent scatter radar(ISR) 관측 자료를 기초 자료로써 사용하고 있다. 이때 자기적으로 조용한 시기의 자료만이 선택되며, 관측값은 세 계절(11월-2월; 5월-8월; 3월, 4월, 9월, 10월)에 걸쳐 매 30분 주기로 평균하여 사용한다. 모델의 계산 결과, 주어

진 지자기적 위도, 경도, 세계시 및 day number of the year에 따른 지구 자기장과 정전기적 pseudo-potential에 수직한 성분의 drift 속도가 제공되며, 이는 전리층의 전기장을 얻기 위해 사용될 수 있다.

#### 다. St. Santin Ion Drift Model (1979)

St. Santin Ion Drift 모델은 St. Santin(44N, 2E)의 incoherent scatter radar에 의해 관측된 것과 같은 F-영역 electric-field-induced 플라즈마 drift의 일일 및 계절별 변화를 기술할 수 있다. 이 모델은 자기적으로 조용한 시기 동안(3년; 1973-1975)의 관측 자료를 기초로 확립되었으며, 300km에서의 이온 drift를 제공하고 있다.

## 6. Electric Field

아래와 같은 전기장 모델들이 사용되고 있다.

#### 가. Polar Cap Potential Drop Model (1981)

극관(polar cap)을 가로지르는 potential drop과 행성간 파라미터의 상관관계는 선형적인 관계로 주어지며, 선형의 회귀 변수는 AE-C, AE-D 및 S3-3 위성들의 관측 자료에 대한 least-square fits에 의해 얻어질 수 있다. 본 모델에서는 태양풍 속도와 행성간 자기장 성분 등의 행성간 물리량의 변화 및  $K_p$ 의 변화에 대한 변수들의 관계가 제공된다 (Senior et al. (1990)).

#### 나. Volland Electric Field Model (1978)

Volland Electric Field Model은 quasi-static electric potential field에

기초를 둔 해석학적 모델이다. electric convection potential은 오로라 지역 내에서 나타나며, semi-empirical 해석학적 표현은 모든 위도와 지역적 시간에서 전리층 전기장의 수평 성분을 얻기 위해 이용된다. 그것들은 극궤도 위성에 의해 관측된 전기장의 일반적인 특성에 맞도록 조정된다. 또한 자기권의 전기장은 static magnetic dipole field와 평행한 전기장이 없다는 가정 하에 유도된다.

#### 다. Heelis Electric Convection Field Model (1982)

Heelis Electric Convection Field Model은 고위도의 convection 패턴의 수학적 모델로서 the Volland(1975) 모델을 수정한 것이다. 이 모델은 고위도 electric potential과 전기장 및 이온 convection 속도 등의 변수들을 제공하고 있다. 또한, convection 역전경계와 정오지역에서 보이는 convection 골(throat)을 가지는 two-cell convection 패턴(행성간 자기장이 남쪽 방향일 때)의 일반적인 특성을 재현할 수 있다. 이 모델은 행성간 자기장이 남쪽방향일 때에 대해서만 타당한 것으로 생각될 수 있으며, 정오근처에서 두 convection cell이 겹치는 문제에 대해서는 고려되어 있지 않는 등 제한적으로 사용되고 있다.

#### 라. Utah Electric Convection Field Model (1986)

Utah Electric Convection Field Model은 전리층 고도에서 자기권의 전기장을 기술하는 모델이다. 이 모델에서는  $K_p$ 와 행성간 자기장  $B_x$ ,  $B_y$  및  $B_z$  성분 에 따른 함수의 세트를 사용하고 있다. cross-tail potential, 극관의 위치 및 적도 fall-off 영역의 범위 등은  $K_p$  지수에 의해 조절되며, 남쪽방향의 행성간 자기장에서 모델 field는 행성간 자기

장의  $B_y$  성분에만 의존한다. 북쪽 방향의 행성간 자기장에서는 가외의 convection cells 쌍이 극관 내부에 존재하게 된다.

#### 마. IZMEM-IZMIRAN Electrodynamic Model

IZMEM-IZMIRAN Electrodynamic Model은 Faermark(1977)에 의해 개발된 inversion 알고리즘을 토대로 Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio Wave Propagation(IZMIRAN, Moscow, Russia)에서 만들었다. IZMEM 모델의 1985 버전은 고위도 전리층의 전기역학적(electrodynamics) 변수들에 대해 미리 계산된 많은 수의 표로 구성되어 있다. 이 모델은 행성간 자기장의 세기와 방향에 의해 변수가 결정되며, 한 해의 세 계절(여름, 겨울, 춘추분)에서 사용할 수 있다. 각각의 표는 특정한 corrected geomagnetic(CGM) 위도에 대해 시간 단위(MLT=1~24)의 평균을 포함하고 있다. 지표면에서 자기장의 교란 벡터, 전리층 고도에서 정전기적 field potential뿐만 아니라 전기장 벡터, field-aligned currents, 전리층 전류 벡터, 등가의 전류 벡터 및 Joule heating 비율 등 고위도 전리층의 전기역학적 변수들은 특별한 행성간 자기장의 강도와 방향에 따라 결정될 수 있다.

#### 바. Millstone Hill Electric Field Model (1983)

Millstone Hill Electric Field Model은 1978년 Millstone Hill incoherent scatter radar에서 관측된 평균 전기장을 기술하기 위한 모델이며, 오로라 이온 drift도 제공 가능하다. 지자기 활동( $K_p$ )은 3 레벨이 고려되며, 평균은 invariant latitude  $60^\circ \sim 75^\circ$  사이에서 30분 동안에 결정된다.

사. Heppner-Maynard-Rich Electric Field Model (1990)

Heppner-Maynard-Rich Electric Field Model은 고위도 electric potential과 전기장, Pedersen과 Hall 전기전도도(conductances), field aligned current 및 Joule heating 등을 제공한다. 소프트웨어로는 몇 가지의 전기적 convection field 모델과 AFGL Precipitation and Conductivity Model을 포함하고 있다. AFGL Precipitation and Conductivity Model은 conductance, 전류 및 heating을 얻기 위한 것이다. Heppner-Maynard 모델은 OGO 6 (Polar-Orbiting Geophysical Observatory 6)과 DE 2(Dynamics Explorer 2) 위성의 전기장 관측을 토대로 하며, 지자기적 위도 60°에서 극방향 전기장과 electric potential을 제공한다. 7개의 다른 모델들은 다른 행성간 자기장의 조건하에서 만들어졌으며, 남쪽방향 행성간 자기장에서는 지자기 활동에 따른 가변적 요소가 포함된다.

## 7. Auroral Precipitation and Conductivity Models

가. Rice Electron Precipitation Model (1982)

Rice Electron Precipitation Model은 낙하하는 전자의 에너지 플럭스, 전자의 고유 에너지 및 오로라 영역에서의 Pedersen과 Hall 전도도 등을 제공한다. AE-C와 -D 위성의 low energy electron experiment(LEE) 관측 자료(1974년 1월~1976년 4월)는 낙하하는 오로라 전자의 에너지 플럭스 분포와 다른 지자기 활동도에 따른 그들의 평균 에너지를 결정하기 위해 사용된다. 에너지 플럭스와 고유 에너지의 계산 결과는 오로라 electrojet 지수(AE)의 4가지 범위에 대해 각각 만

들어진다. 각각은  $50^{\circ} \sim 88^{\circ}$  사이의 invariant latitude와 magnetic local time(MLT)에 따른 변화를 보여준다.

#### 나. AFGL Electron Precipitation Model (1987)

AFGL Electron Precipitation Model은 지자기 활동도에 따라( $K_p = 0, 1, 2, 3, 4, 5$ , 와 6, 및 greater) 낙하하는 오로라 전자의 적분된 number 플럭스와 에너지 플럭스, 및 Pedersen과 Hall 전도도 등을 제공한다. 이 모델은 DMSP F2와 F4 위성의 SSJ/3 검출기와 P78-1 위성의 CRL-251 검출기의  $14.1 \times 10^6$  스펙트럼을 토대로 개발되었다.

#### 다. AFGL Ion Precipitation Model (1989)

AFGL Ion Precipitation Model은 corrected geomagnetic latitude(CGL), magnetic local time(MLT) 및 지자기 활동( $K_p$ )에 따른 낙하하는 오로라 이온(30 eV to 30 keV)의 적분된 에너지 플럭스와 number 플럭스 및 평균 에너지 등을 제공한다. DMSP F6와 F7 위성의 SSJ/4 검출기의  $26.5 \times 10^6$  스펙트럼은 7개 레벨의 지자기 활동( $K_p = 0$  to 6)에 따라 30 CGL bins(50 to 90)와 48 half-hour bins로 샘플링 되었다.

## 8. 다양한 오로라 모델

#### 가. Auroral Oval Representation (1975)

Auroral Oval Representation은 오로라 타원(oval)의 수학적 표현을 제공하며, Holzworth and Meng(1975)는 Feldstein(1963) 오로라 타원의

파라미터 결정을 제공하였다. Feldstein은 지자기 활동도에 따라 다른 7개의 오로라 타원을 구분하였고, Magnetic Local Time(MLT)의 향으로 오로라 타원의 극쪽과 적도쪽 경계의 Corrected Geomagnetic Latitude(CGL)를 기술하였다.

#### 나. Auroral Absorption Model (1983)

Auroral Absorption Model은 HF 전달을 계산하기 위한 정보를 제공한다. 이 모델은 전세계적인 riometer의 관측기록을 바탕으로 하며, 고위도에서 30MHz(HF)에서의 흡수가 1dB를 초과할 확률 Q1을 제공하고, 이때 Q1은 장기 예보를 위한 중요한 변수이다. 그 외에 corrected geomagnetic 위도, 경도, 지역적 시간, 태양 활동 및 계절에 따른 변화등을 제공한다. 또한 누적된 흡수 가능성에 대한 log-normal 분포의 가정 하에 Q1과 중앙 흡수(median absorption) 사이의 선형적인 관계를 추정하였다(Foppiano and Bradley, 1983, 1984).

## 제 4 절 우주환경 변화에 따른 전리층 변화 연구

### 1. 태양전파 폭발에 따른 전리층 변화

#### 가. 개요

지자기 및 전리층은 대부분의 경우 플레어와 같은 폭발성 태양활동에 의해 태양-지구간의 우주공간으로 방출되는 전파폭발(radio burst), X-선, 충격파, 고에너지 입자 등의 영향을 받게 된다. 따라서 태양전파폭



발 관측에 의한 태양플레어 연구는 광학, EUV, X-선 관측과 더불어 우주환경 연구에 반드시 요구된다. 태양전파폭발은 플레어 발생 직후 수 분 내에 뒤따르며 메타파 (30 MHz~300 MHz)에서 데시메타파 (300 MHz~3000 MHz) 대역에 걸쳐 수초에서 수 시간동안 지속되는 다양한 스펙트럼 구조를 갖는다. 이러한 이유 때문에 태양전파폭발에 관한 관측은 비교적 넓은 대역의 전파를 수신할 수 있는 안테나들을 필요로 하는데 시간에 따른 상대적 전파강도의 변화를 표현하는 동적 스펙트럼 (dynamic spectrum: 횡축은 시간, 종축은 주파수)으로 표현되며 전파방출 구조, 방출 주파수 변화 및 지속시간에 따라 크게 5개 유형으로 분류된다 (Wild *et al.*, 1963).

전파연구소에는 각각 세 개의 안테나로 30MHz~2500MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 광대역 태양전파분광시스템(Solar Radio Spectrograph)이 1995년 설치되었다. 대수주기 안테나 (Log Periodic Antenna)는 30MHz~100MHz, 10M 파라볼릭 안테나는 100MHz~500MHz, 그리고 6M 파라볼릭 안테나는 500MHz~2500MHz 대역의 전파를 수신한다.

태양전파 폭발에 의해 급 전리층교란(SID)이 발생하고, 그로 인해 단파두절(텔린저) 및 VHF/UHF 간섭이 일어나는 것으로 관측되고 있다. 본 과제에서는 전파연구소의 관측시스템인 Ionosonde의 관측 결과 (Ionogram)를 분석하여 태양전파 폭발이 발생 했을 때의 전리층 변화를 살펴보았다.

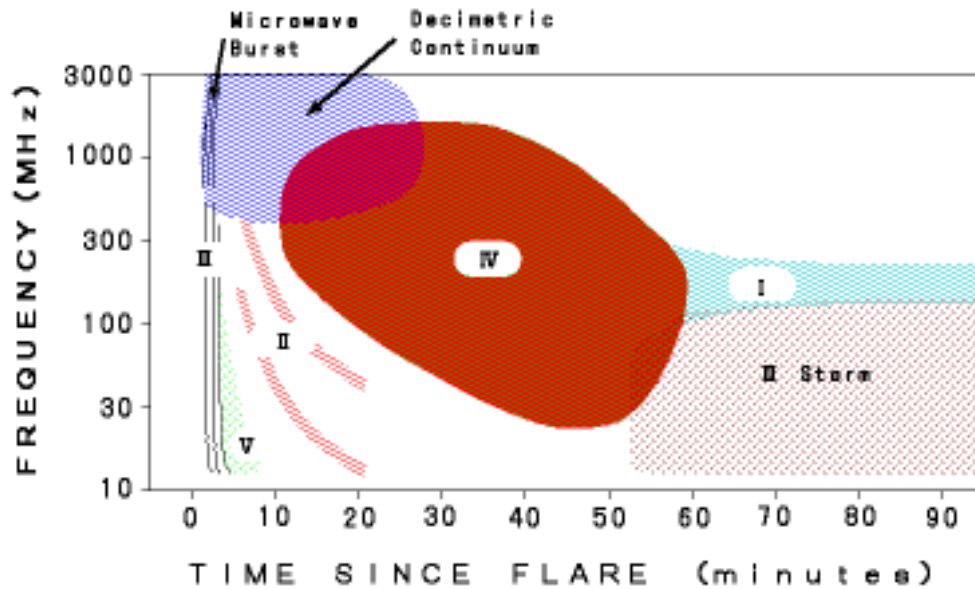


그림 2.4.1 플레어 발생 후 출현하는 전파 폭발의 유형분류.

표 2.4.1 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상.

유형	특징	관련현상
Type I	짧은 주파수 대역에서 연속 전파 방출 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

#### 나. 태양전파폭발 관측

그림 2.4.2는 러시아의 IZMIRAN(Russian Academy of Sciences Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere & Radio wave Propagation)에서 2000년 5월 20일에 발생한 Type II+Type IV 전파폭발을 관측한 데이터이다. 05:55-06:02UT 사이에 90MHz에서 45MHz이하로 떨어지는 Type II burst에 이어 45-180MHz에 광대역 연속 전파 현상을 보이는 Type IV burst가 관측되었다. 그림 2.4.3과 2.4.4는 각각 태양전파폭발 전후에 전파연구소(안양)에서 관측한 Ionogram 이다. 태양전파 폭발 후인 09:00UT에 100km 높이에서 모든 주파수영역의 전파가 반사되는 현상을 볼 수 있다. 이것은 전리층 E영역에 얇은 고밀도의 전자층이 형성되었기 때문이다. 즉, 태양전파폭발에 의해 Sporadic E층이 형성됨을 확인하였다.

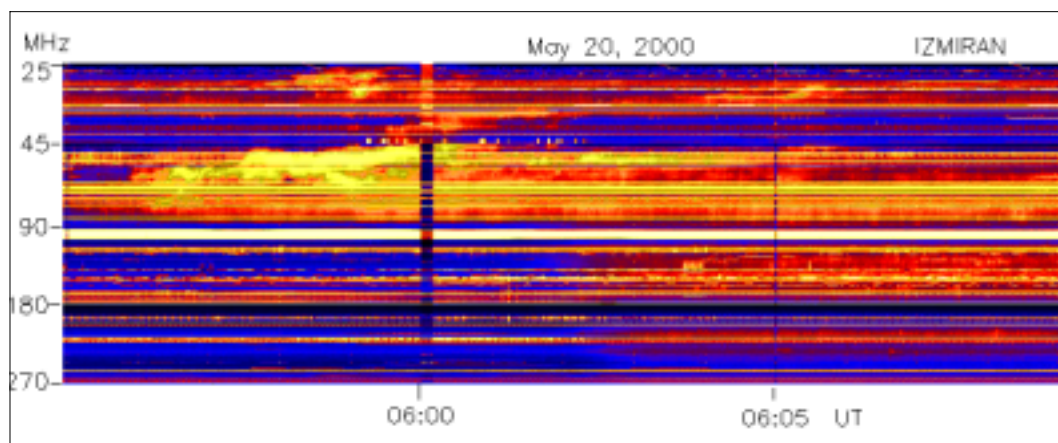


그림 2.4.2 러시아의 IZMIRAN에서 2000년 5월 20일에 발생한 Type II + Type IV 태양전파 폭발의 관측 자료.

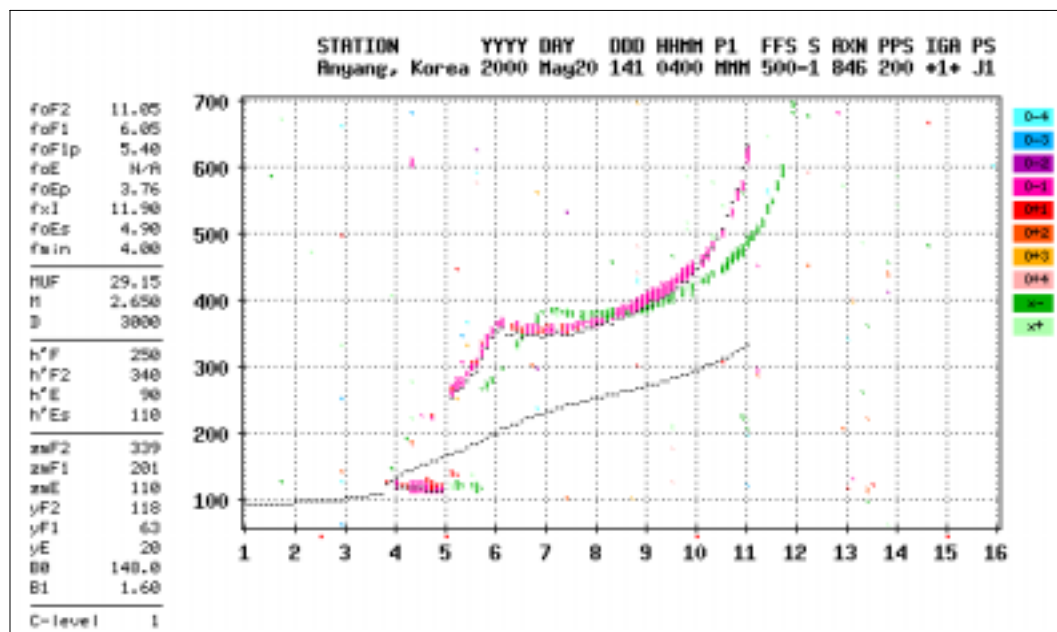


그림 2.4.3 2000년 5월 20일 태양전과 폭발 전의 전리층 관측데이터.

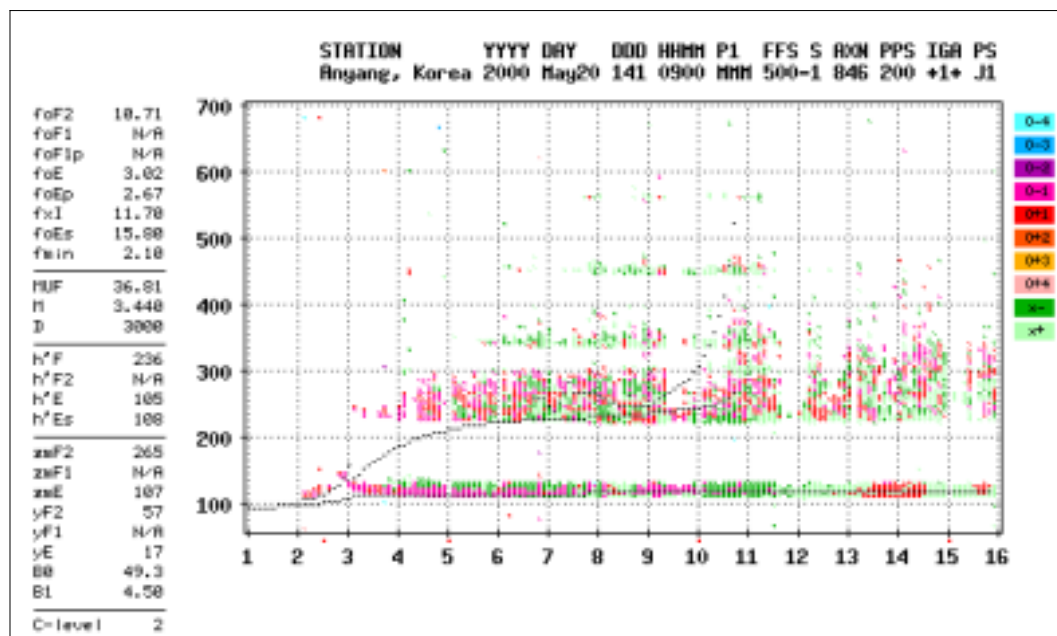


그림 2.4.4 2000년 5월 20일 태양전과 폭발 후의 전리층 관측데이터.

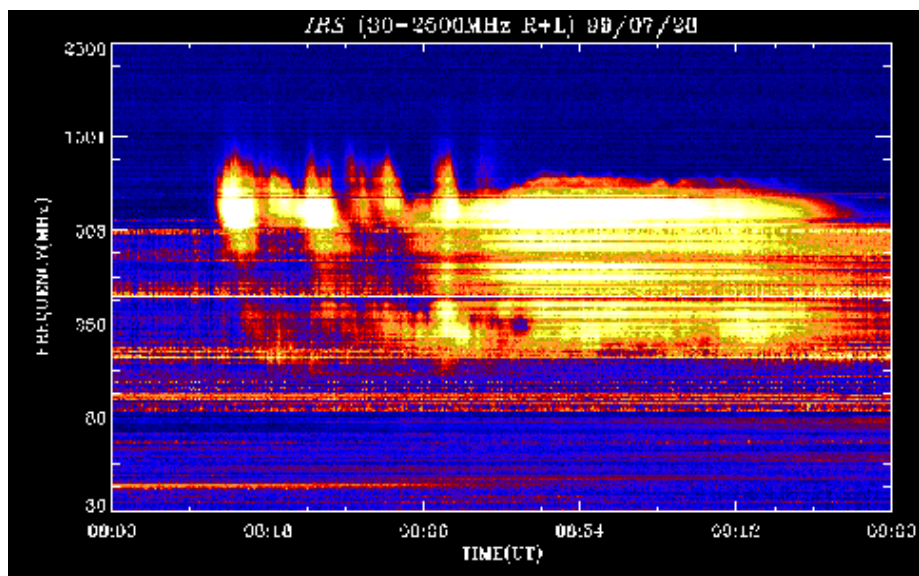


그림 2.4.5 전파연구소에서 1999년 7월 20일에 발생한 Type IV 태양전파폭발의 관측 자료.

그림 2.4.5는 1999년 7월 20일에 전파연구소에서 관측한 전형적인 Type IV 태양전파폭발 관측 자료이다. 100-1000MHz에 이르는 광대역 연속 전파현상이 관측되었다. 그림 2.4.6은 태양전파폭발 후의 전리층 관측데이터이다. 전리층은 Sporadic E층의 발생(03:00, 08:00, 10:00 UT), 저주파수에서의 전파 장애(06:00UT) 등 복잡한 양상을 띠는 것으로 나타났다. 그림 2.4.7은 각각 1999년 11월 27일, 1998년 5월 29일, 1999년 10월 27일에 관측된 Type I, Type II, Type II+TypeIII 태양전파폭발의 자료이다. 앞의 두 경우와는 달리 이때의 전리층에서는 이상 현상이 관측되지 않았다.

태양전파폭발에 의해 전리층에 Sporadic E층 및 복잡한 구조가 생성될 수 있음을 확인하였다. 그러나 전리층에 변화를 야기하지 않는 경우도 다수 발견되었다. 또한 Sporadic E층은 태양전파폭발에 의해서만 생

성되는 것은 아니고 다른 요인에 의해 생성되는 가능성도 많이 발견되었다. 따라서 Sporadic E층의 형성 원인에 대한 추가적인 연구 및 전리층변화에 대한 통계적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 2. 자기폭풍에 따른 전리층 변화

### 가. 개요

지구자기장의 변화는 지구 내부의 변화에 의해 오랜 기간을 주기로 천천히 변화하는 영년변화, 태양에서 오는 자외선, X선 등의 복사로 인해 형성된 외부자기장이 낮 지역과 밤 지역의 자기장의 세기가 다르기 때문에 발생하는 것으로 하루를 주기로 변화하는 일변화, 태양에서 발생한 급격한 현상으로 인해 갑작스럽게 변화하는 지자기폭풍 등이 있다. 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변화는 표 2.4.2와 같이 분류할 수 있다. 이러한 지자기 변화는 평상시 지구자기장에 의해 차단되었던 고에너지의 하전입자들이 지구에 유입되어 인공위성, 통신, 송전설비 등에 문제를 일으키는 등 우리 경제, 사회에 막대한 피해를 입히게 된다.

자기 폭풍 현상은 지구 표면 자기장 수평 성분의 감소로 나타난다. 이는 보통 Dst라는 지수로 표현된다. Dst 지수의 감소 기간을 주 전개기 (main phase)라고 하는데 보통 수 시간을 넘게 걸쳐 일어난다. 주 전개기는 지구 주변의 환전류의 증가로 인해 일어나는 것으로 생각된다. 그런 뒤 환전류의 감쇠 기간이 나타나는데, Dst 지수의 증가로 알 수 있으며 이를 회복기 (recovery phase)라고 부른다. 환전류 감소의 원인으로 많이 거론되는 물리적 메커니즘으로는 전하교환 (charge exchange), 쿨롱 산란, 입자-파동간 상호 작용 등이 있다.

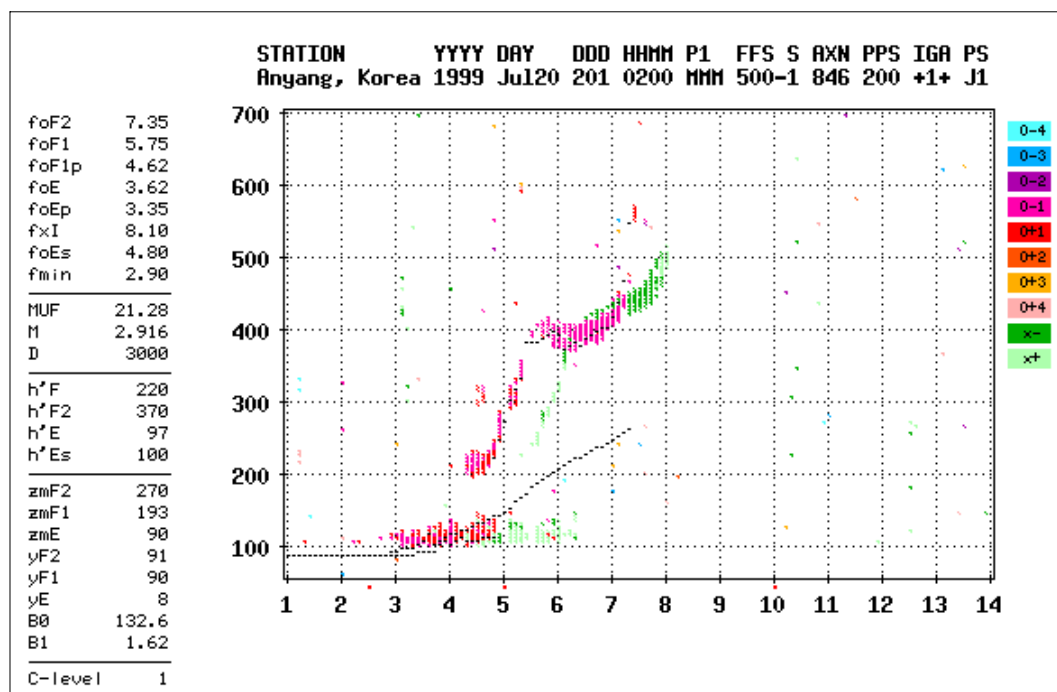
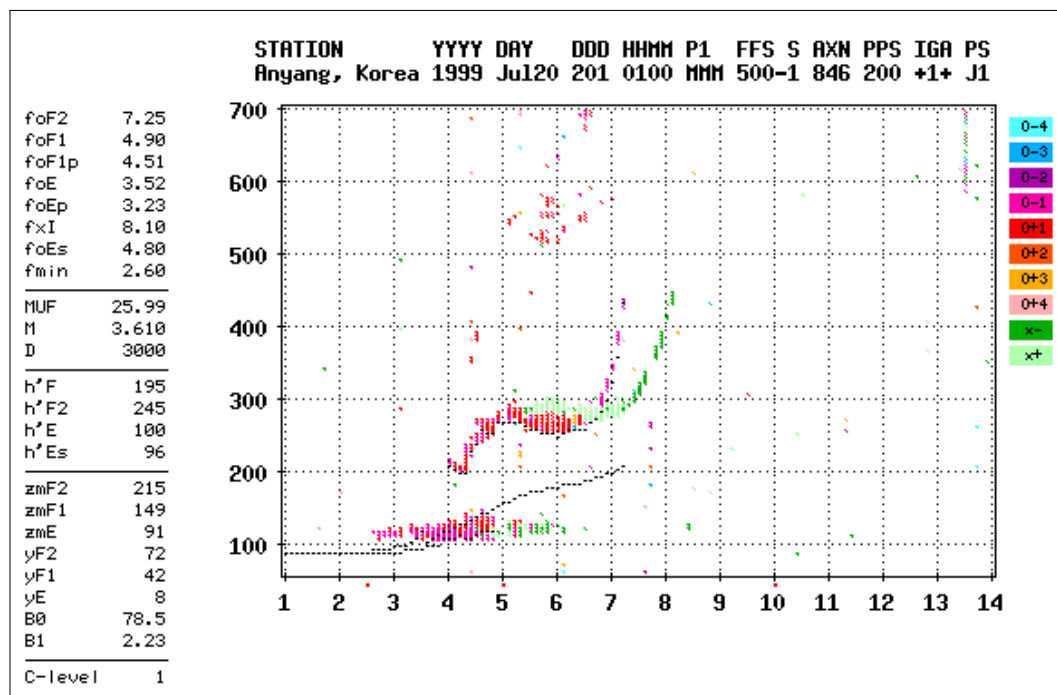


그림 2.4.6 1999년 7월 20일 태양전파 폭발 후의 전리층 관측데이터.

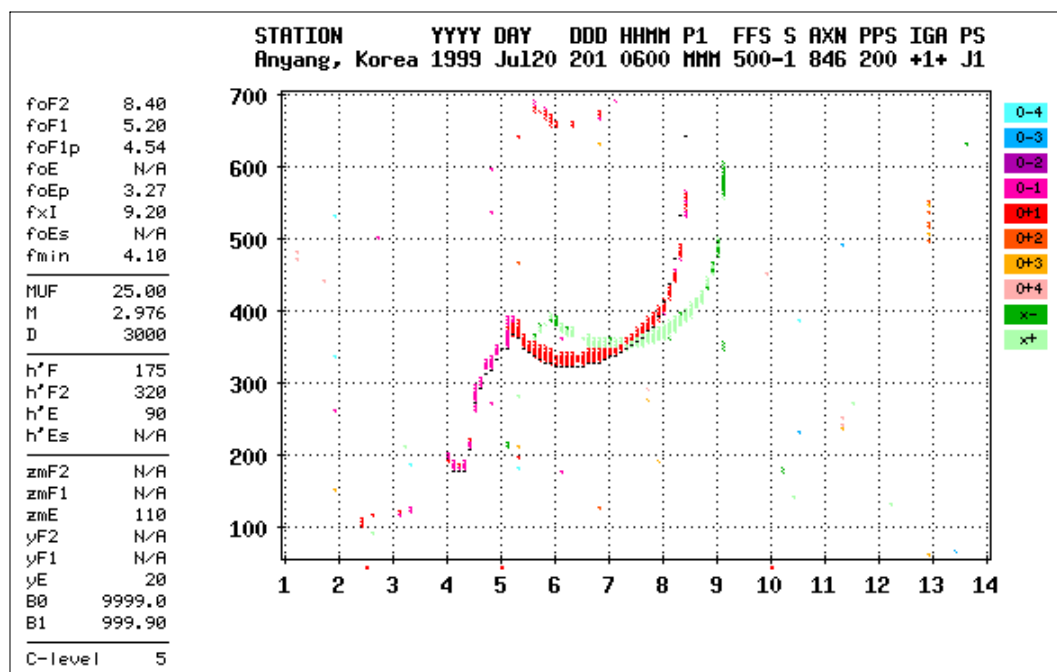
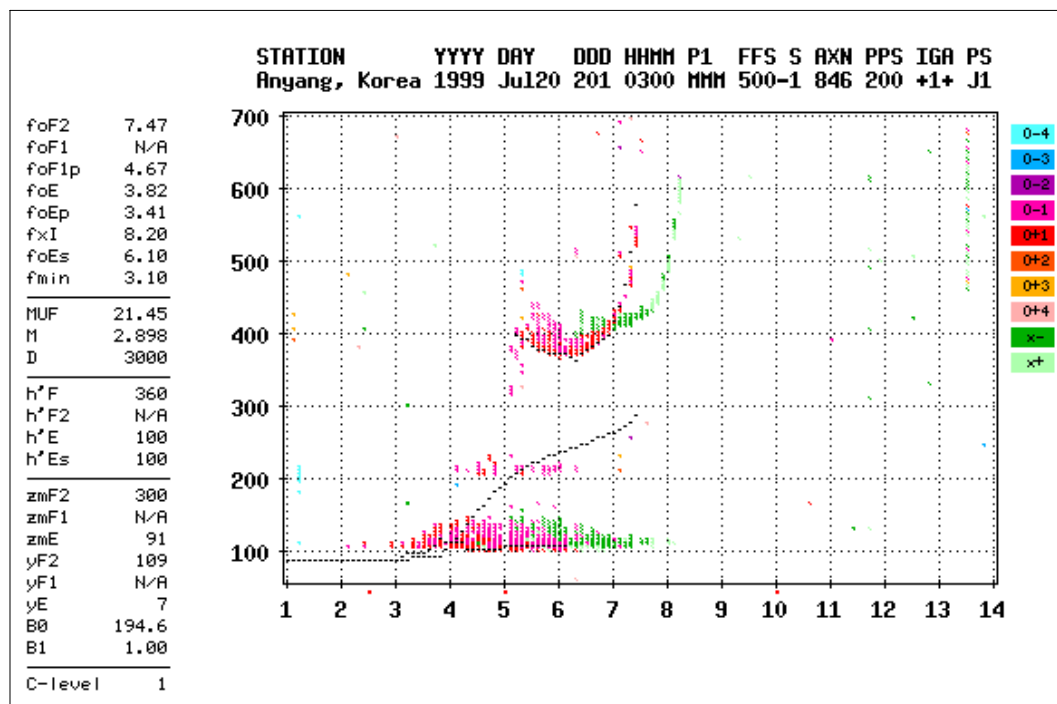


그림 2.4.6 이어서



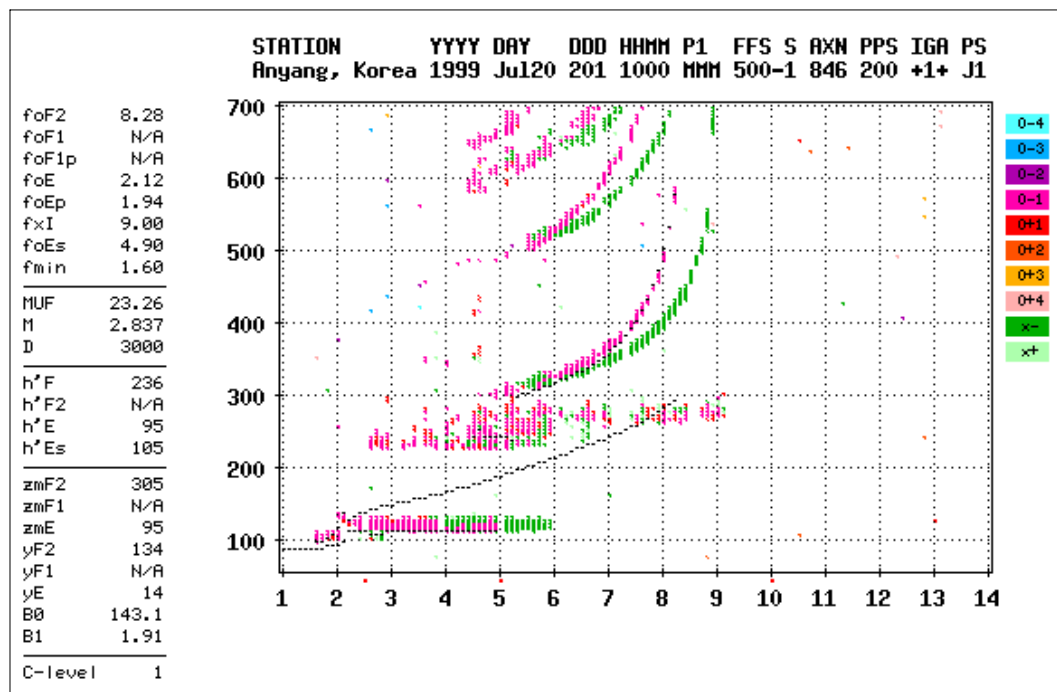
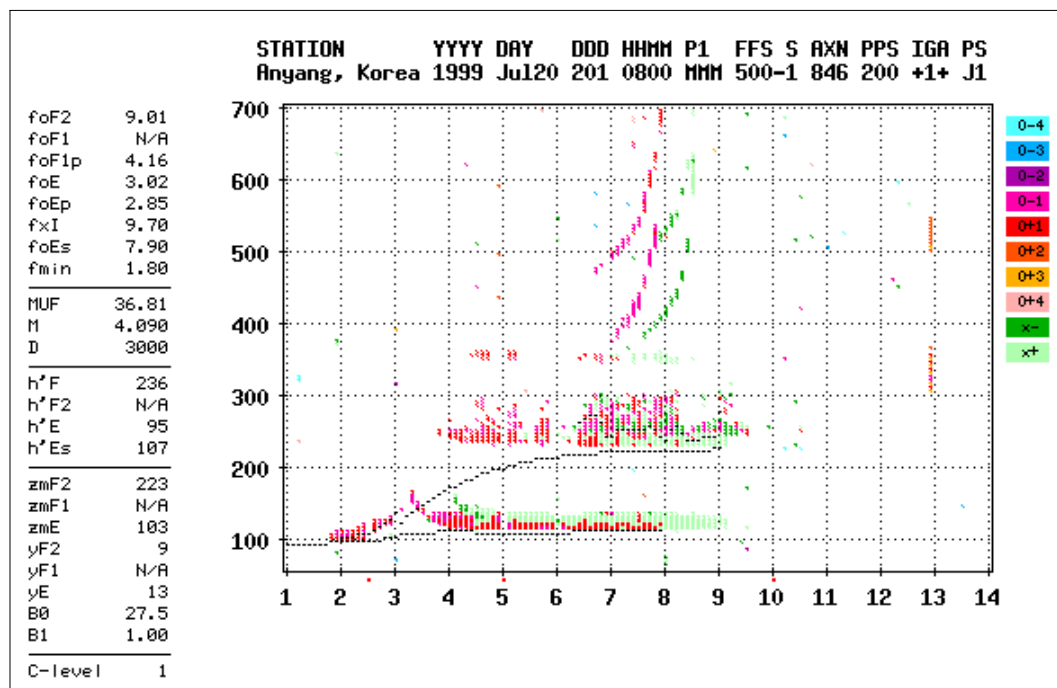


그림 2.4.6 이어서.

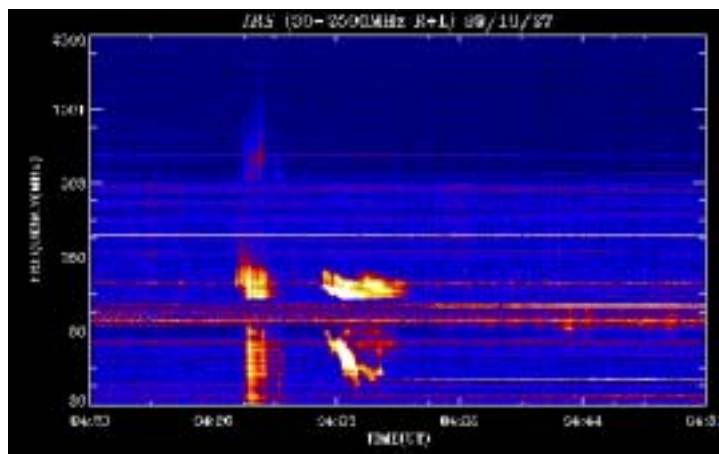
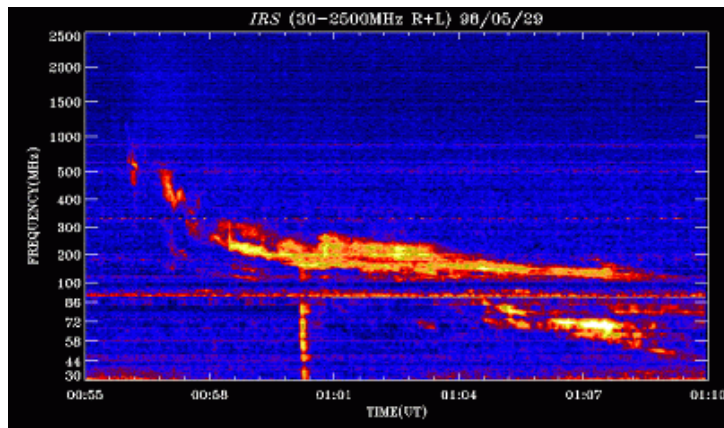
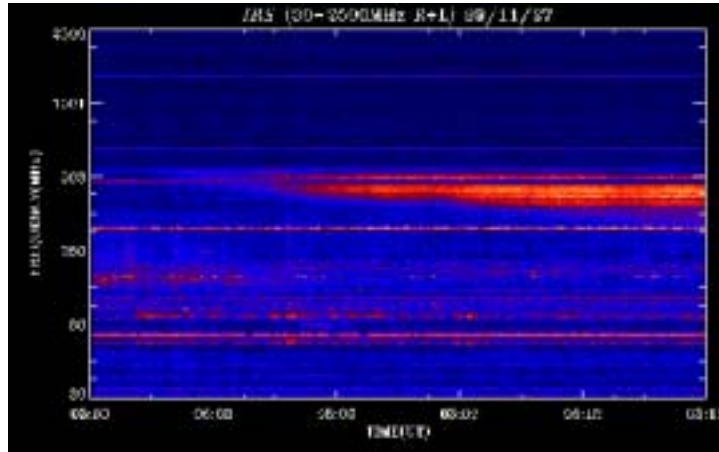


그림 2.4.7 전파연구소에서 관측한 Type I, TypeII, Type II+TypeIII 태양전파폭발의 관측 자료.

표 2.4.2 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상.

현상분류	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 시작되지만 지자기 폭풍 발생 안함	수시간
Solar Flare Effect (SFE)	태양 플레어에 의한 지자기 변동	수분
Bay	한밤중에 자기장이 증가	1시간

본 연구에서는 자기폭풍 발생에 따른 전리층의 변화를 조사하였으며, Dst 지수는 일본의 WDC-C2 KYOTO Web 사이트를 통해 얻어 분석하였다.

#### 나. 자기폭풍 관측

그림 2.4.8은 2000년 7월에 관측된 Dst 지수 값을 나타낸 그림이다. 2000년 7월 15일 17:00UT에 시작된 자기폭풍은 7월 16일 01:00UT까지의 주 전개기 동안에 Dst 값이 -301까지 떨어지는 매우 강력한 것이었다. 이후 7월 19일 20:00UT까지의 느린 회복기를 보이고 있다. 그림 2.4.9는 자기폭풍이 진행되는 동안에 관측된 전리층의 변화를 나타낸 그림이다. 7월 15일 22:00UT에서 7월 16일 08:00UT까지 10시간 동안 전파통신이 완전히 두절되는 것으로 나타났다. 이는 자기폭풍이 전리층 전자밀도의 감소를 야기하여 전파가 반사되지 못하고 전리층을 뚫고 나가기 때문인 것으로 생각된다. 이러한 전리층의 밀도감소는 전파통신 장애의 주원인이 된다. 또한 7월 16일 12:00에는 Sporadic E층이 형성

되었으며, 7월 17일 07:00UT에는 저주파에서 전파장애가 나타나고 있다. 7월 17일 10:00UT 이후 점차 회복되는 것으로 나타났다.

본 연구 결과 자기폭풍의 주 전개기를 거치면서 전리층 전자밀도의 급격한 감소가 나타났으며, 회복기를 거치는 동안 다양한 전리층의 변화 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 또한 본 보고서에 기재하지는 않았지만 자기폭풍이 발생하는 동안 태양전파폭발이 있었던 경우에 대한 분석도 시도해 보았다. 그 결과 전파두절, Sporadic E층 형성, 전파장애 등 비슷한 양상을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 사례 분석 결과, 자기폭풍 발생에 의해 수 시간 또는 수일에 걸친 전파통신 장애 및 두절 현상이 발생할 수 있을 것으로 예상된다.

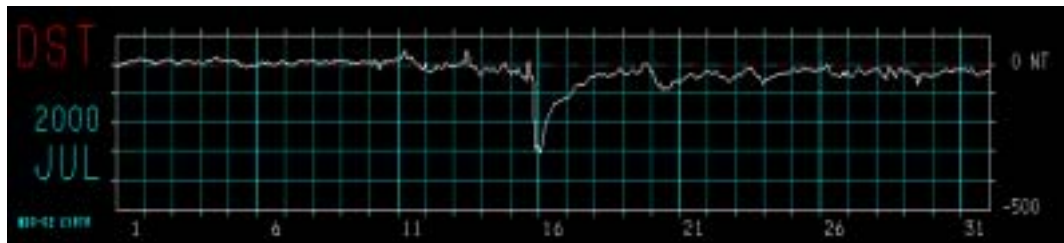


그림 2.4.8 2000년 7월 15일에 발생한 자기폭풍.

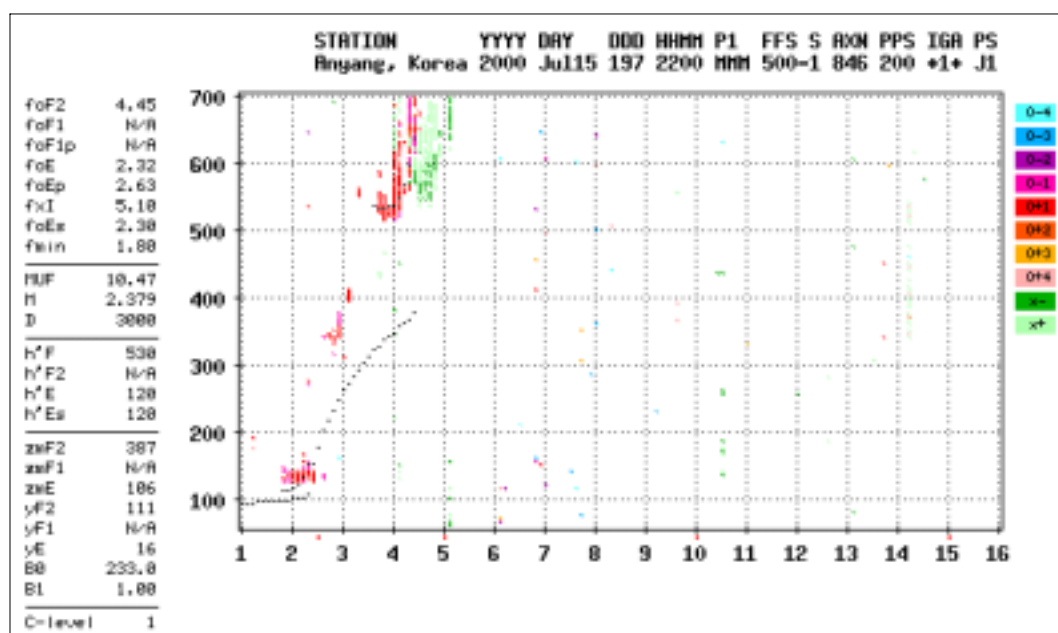
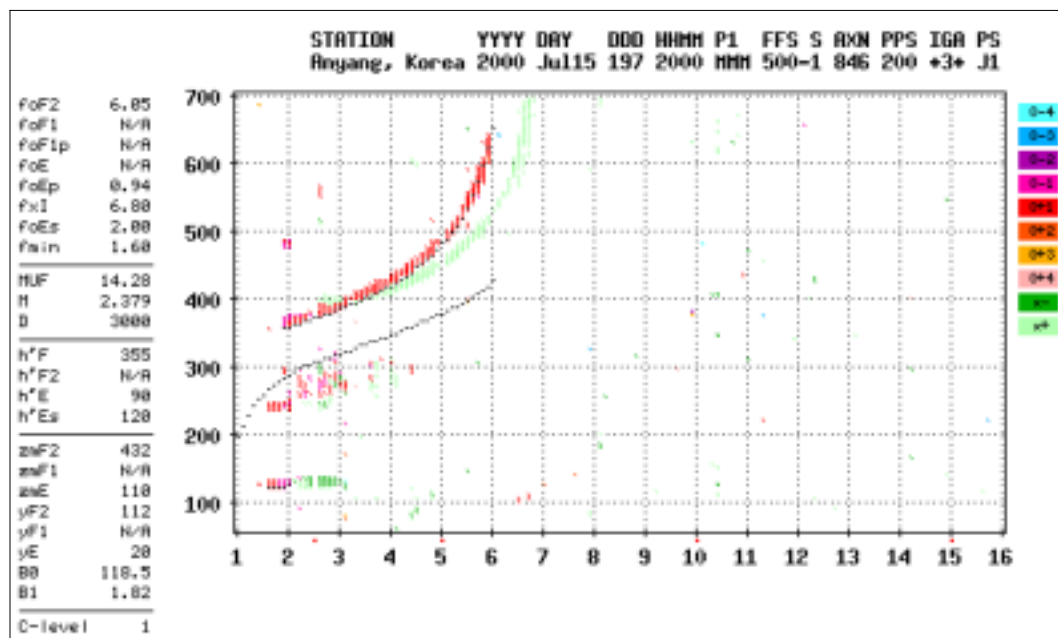


그림 2.4.9 2000년 7월 15일에 발생한 자기폭풍 동안의 전리층 관측 결과. 2000년 7월 15일 22:00UT에서 7월 16일 09:00UT까지 전파통신이 두절되는 것으로 나타났다.



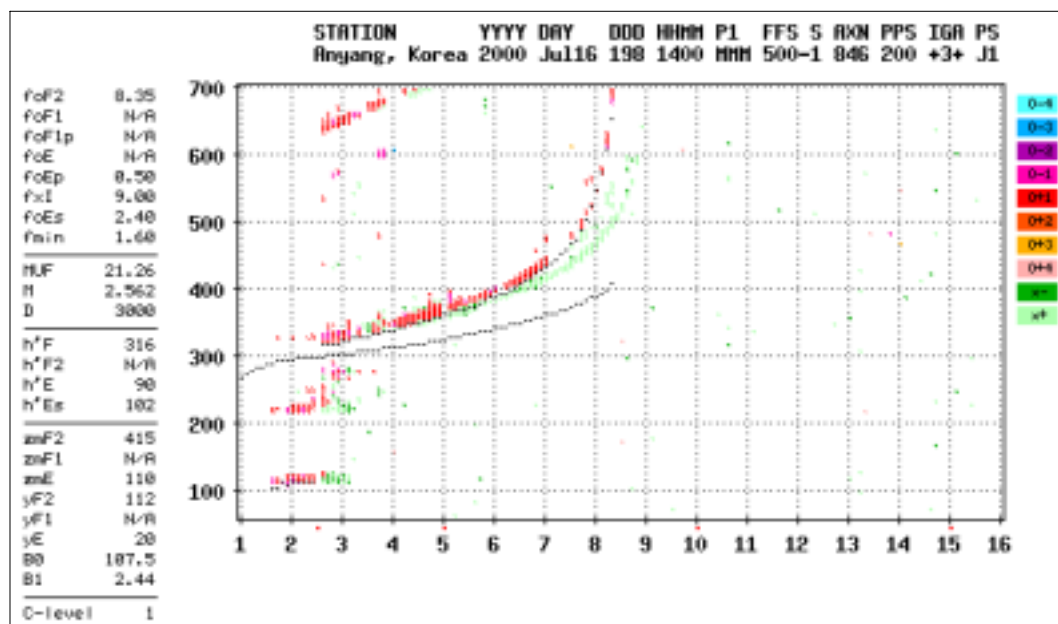
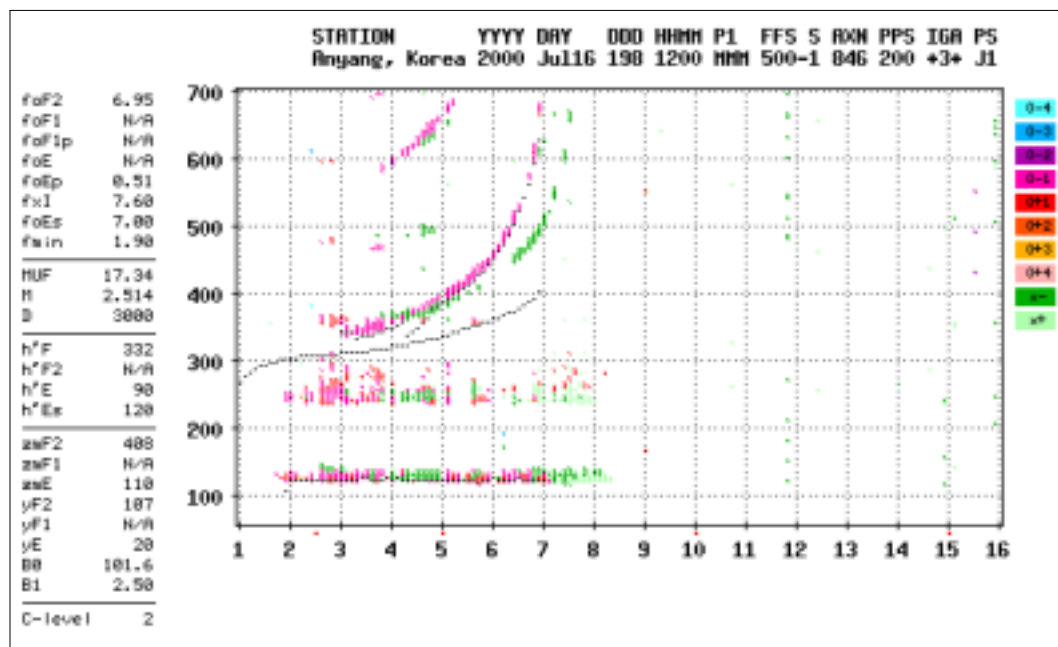


그림 2.4.9 이어서.



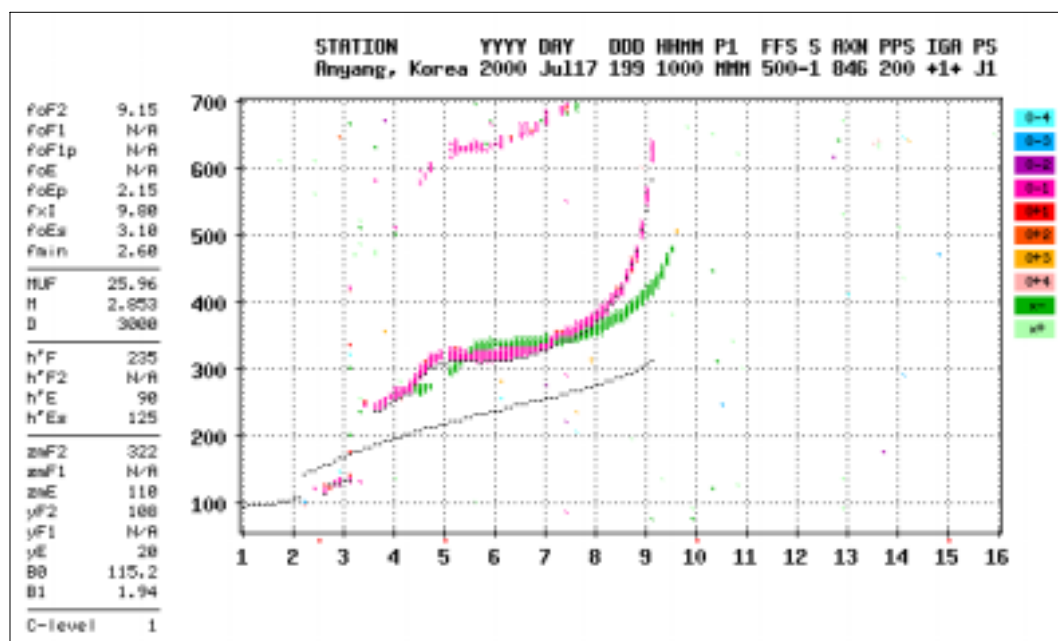
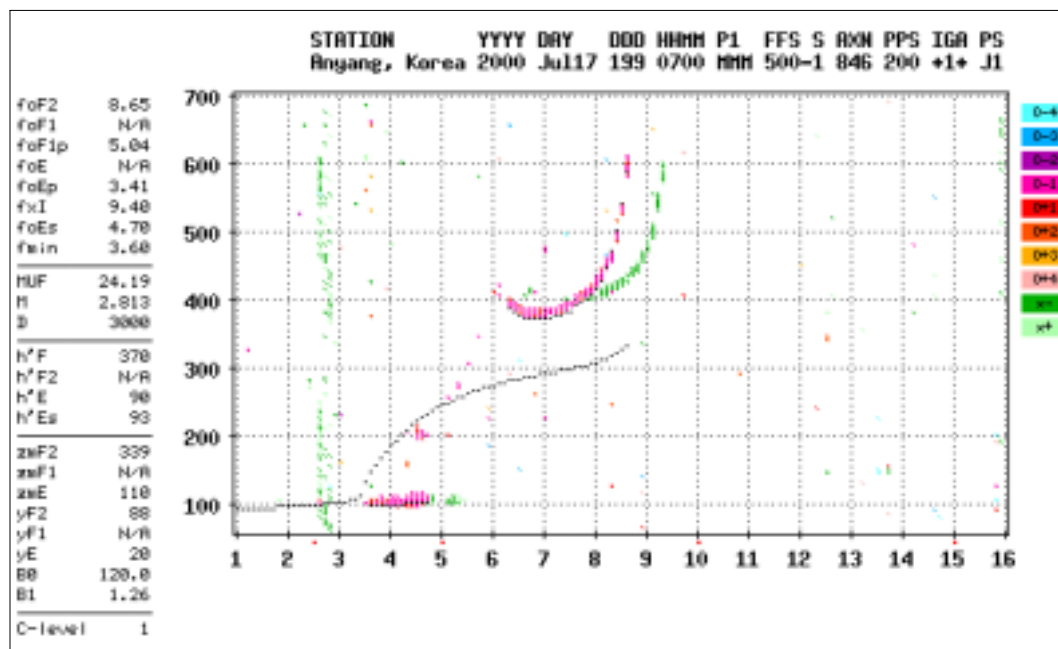


그림 2.4.9 이어서.



## 제 5 절 통신장애와 전리층 변화의 관계분석

### 1. Radio Blackouts(태양 X-선에 의한 전리층 교란)

태양활동 정도를 알 수 있는 태양 X-선 복사는 전리층내의 전자 밀도를 증가시켜 단파통신 두절을 일으키고 위성 통신 및 위성 항법신호의 에러를 발생시키는 등 지상, 위성 및 항법 통신에 직접적인 영향을 미친다. 미국 우주환경 예보센터에서는 GOES 위성에서 관측한 태양 X-선 세기 변화를 실시간으로 모니터하고 표 2.5.1의 분류기준에 맞추어 태양활동 정도를 규정하여 예상되는 전파장애를 5 가지 등급으로 나누어 부여하고 있다. 또한 국제 우주환경 서비스 기구 (ISES)에서도 최대 X-선 세기에 따라 3 가지 등급으로 나누어 태양활동상태를 분류하고 있다. 또한 태양 X-선의 세기에 따라 플레어를 C (Quite), C (Eruptive), M (Active), X (Major)로 분류하여 태양플레어를 예보하고 있다. 현재 전파연구소에서는 태양활동에 따른 경보 (X20, X10, X1, M5, M1, C (No Warning))와 태양 X-선에 의한 전파장애 정도(R1~R5)를 예보하고 있다.

### 2. 통신장애에 따른 전리층 변화 연구

본 연구에서는 전파장애(태양 X-선에 의한 전리층 교란; Radio Blackouts) 정도에 따른 전리층의 변화를 연구하고자 한다. 지자기 폭풍에 의한 전리층 변화와의 혼동을 피하기 위해 자기적으로 안정한 날을 선정하여 비교하였다.

표 2.5.1 태양복사 (X-선) 활동도 분류 및 장애 예측 기준.

최대 X 선 세기 *	경보 분류	장애분류 기호 (SEC 분류 )†	태양활동 상태 (ISES 분류 )	플레어분류
X20 ( $2 \times 10^{-3}$ )	Extreme	R5	Major	X
X10 ( $10^{-3}$ )	Severe	R4	Major	X
X1 ( $10^{-4}$ )	Strong	R3	Active	M
M5 ( $5 \times 10^{-5}$ )	Moderate	R2	Active	M
M1 ( $10^{-5}$ )	Minor	R1	Eruptive	C

\* X-선 플럭스: 1~0.8nm 파장,  $W \cdot m^{-2}$  단위; † R: Radio Blackouts

표 2.5.2 전파장애 분류에 따른 장애 정도

전파장애 분류	장애 정도
R1 (Minor)	LF 항법 신호 감쇄 항법 위치 신호 영향
R2 (Moderate)	제한적 HF 통신 두절 10여분간 전파 단절 10여분간 LF 항법신호 감
R3 (Strong)	광범위한 지역 HF 통신 두절(Black Out) 1시간 항해, 비행용 HF 통신 두절 LF 항법 신호 감쇄(Degrade)
R4 (Sever)	일조지역 1~2시간 HF 통신두절(Black Out) 항해, 비행용 HF 통신 두절 LF 항법 신호 두절(Outage) 위성 항법신호 약간이상
R5 (Extreme)	일조지역 완전 HF 통신 두절 해상, 비행용 LF 항법 신호 두절 위성 항법 위치 에러 발생 빈도 증가

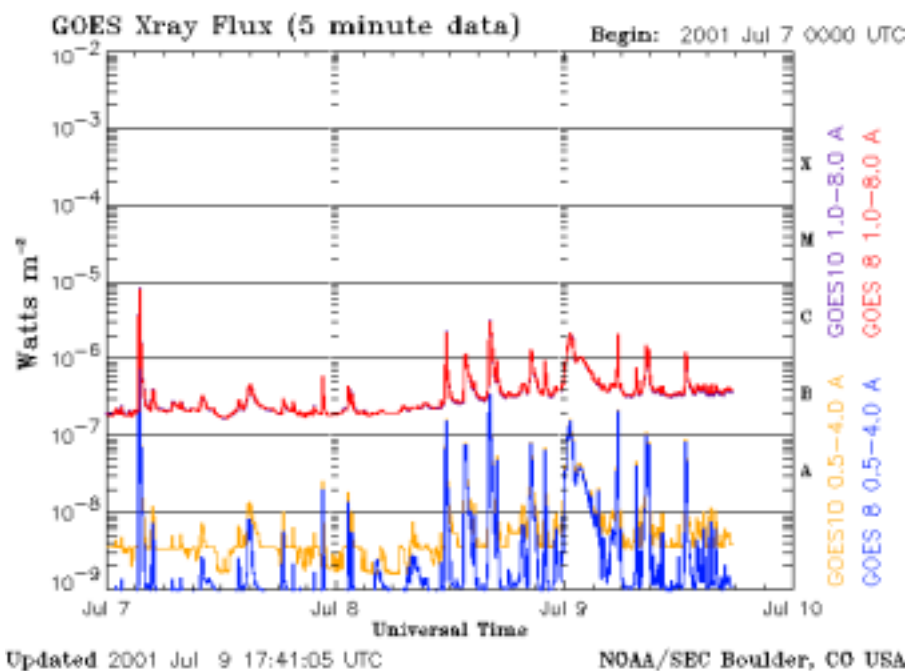


그림 2.5.1 미국 GOES 위성에서 측정한 3일 동안의 태양 X-선 변화.

그림 2.5.2는 장애분류기호 R1인 2000년 3월 30일과 장애분류기호 R3인 2001년 9월 24일의 전리층 관측데이터를 비교한 것이다. 첫 번째 행은 3월 30일에 관측된 결과이고 두 번째 행은 9월 24일에 관측된 결과이다. 장애분류기호 R3인 경우 100km 높이에 Sporadic E층이 형성되어 저주파수의 전파들이 반사되는 것이 보인다. 또한 11MHz 이상의 고주파는 전파 전파전달에 이용할 수 없게 된다. 이는 전리층의 전자 밀도가 감소되어 나타나는 현상으로 생각된다.

본 연구에서는 태양활동에 따른 전리층 변화를 살펴보았다. 태양활동이 활발해짐에 따라 단파통신 장애를 일으킬 가능성이 높아짐을 확인할 수 있었다.

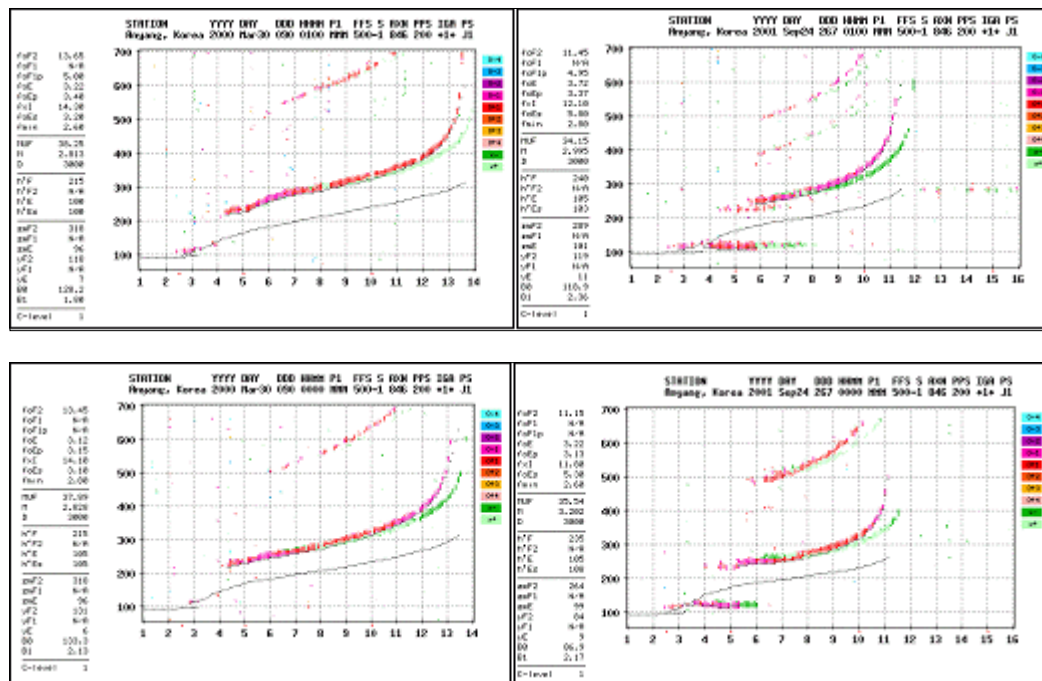


그림 2.5.2 장애분류 기호 R1과 R2인 날의 전리층 관측결과 비교. 첫 번째 줄은 R1 일 때의 관측결과이고, 두 번째 줄은 R4일 때의 관측 결과이다.



## 제 3 장 전리층에서의 전파전달모델 개발

### 제 1 절 Advanced Stand Alone Prediction System

#### 1. Advanced Stand Alone Prediction System의 개론

Advanced Stand Alone Prediction System(ASAPS)는 HF 라디오 스펙트럼의 통신상태를 예보하며, IPS radio와 Science & Tourism의 Space Service에 의해 개발된 전리층 모델과 CCIR 모델을 토대로 만들어 졌다. 3장에서는 ASAPS에 대한 분석을 시도하였다.

##### (1) HF 전파 전달

단파(High Frequency: HF)는 보통 3~30MHz 사이이며, 지표면을 따라 전달, 전리층을 통한 전달 및 수신지점으로의 직접적인 전달 등 여러 가지 방법에 의해 전달될 수 있다. 지표파의 적용범위의 한도는 주파수, 지형과 해양의 상태, 송신기의 파워, 잡음, 안테나와 그 위치, 그리고 전파가 전달되는 표면의 전도도 등에 따라 달라진다. 범위는 낮은 주파수에서 향상되고, 바닷물 위에서 최대이고 마른땅 위에서 최소이다. HF 전파가 전리층을 매질로 전달될 때 사용되는 주파수는 시간(낮시간 동안에는 높은 주파수), 태양활동주기(태양활동 극대기일 때 높은 주파수 및 적도 근처의 저위도에서 높은 주파수) 및 계절에 따라 달라진다.

낮시간 동안의 HF 전파의 전달을 가능하게 하는 주파수대는 최소 주파수에서 전파의 전리층 반사에 따라 최대 주파수까지 확장된다. 최소

주파수는 전파의 흡수에 의해 결정되는데, 밤 시간에는 전파의 흡수를 무시할 수 있다. 일몰(sunset)과 특히 일출(sunrise) 시에는 전리층이 급격하게 변하게 되는데, 이러한 시간동안에는 성공적인 전파 통신을 위해서 일반적으로 낮 또는 밤 시간보다 자주 주파수를 바꿔주어야 한다.

## (2) 전리층

전리층은 일반적으로 50~500km까지 확장되며, 고도가 증가함에 따라 D, E와 F 영역으로 나뉜다. D 영역은 전리층의 가장 낮은 지역으로서 HF 전파는 반사되지 않는다. 정오, 태양활동 극대기, 여름과 저위도(극지방에서의 흡수가 때때로 매우 클 수도 있지만) 지역에서 전파의 흡수는 최대이다. 또한 흡수는 낮은 주파수에서 최대가 된다. 밤 시간 동안 D 영역은 미미하게 되고, D 영역 흡수는 작게 된다. E 영역은 고도 90~140km 사이이고, 이 영역에서는 HF 전파가 굴절(반사)될 수 있다.

E 영역은 F 영역보다 낮은 고도이기 때문에, E영역을 통한 전파 전달은 거리에 따라 보다 많은 hop이 필요하다. 따라서 보다 많은 D 영역 흡수와 신호 강도의 큰 손실을 만드는 지구 반사가 존재하게 된다. 그러나 3000km 이하의 짧은 거리에서의 통신이라면 E 영역은 낮 시간에 좋은 전파 전달을 제공할 수 있다. 밤 시간에는 E 영역이 약해지기 때문에, 이 영역을 사용한 전파는 불가능하다. sporadic E는 때때로 E 영역에서 일어나는 밀하고 얇은 층이다. sporadic E는 F 영역에서 반사되는 HF 전파를 방해할 수 있다. 즉, 전파가 F 영역 대신 sporadic E 층에서 반사되는 것이다. 이러한 현상은 전파가 수신기에 도달하지 않는 결과를 초래하게 된다. 가끔 sporadic E는 부분적으로 투명하게 되

어, 신호의 어떤 부분은 반사되고 동시에 신호의 어떤 부분은 F 영역으로 전달된다. 이러한 현상에 의해 수신지점에서 신호강도의 감소와 때때로 신호의 fading이 일어나게 된다. sporadic E는 주로 여름철 낮 시간 동안, 그리고 저위도에서 F 영역 통신에 영향을 주게 된다.

F 영역은 가장 높은 영역으로 24시간 존재하며, 24시간 전파 전달이 가능하다. 이 지역은 가장 높은 지역이기 때문에 가장 긴 hop 길이를 허용하고, 따라서 지구 반사와 긴 circuit에서 D 영역을 지나는 통로는 감소된다. 또한 F 영역은 높은 주파수의 사용을 허용하므로 흡수는 줄어든다. 밤 시간에는 F 영역과 sporadic E만이 HF 전파 통신을 가능하게 한다. spread F는 F 영역에서 반사 층이 확산되는 현상이다. 수신 안테나는 신호의 fading 또는 degrading을 일으키면서 다른 시간에 많은 전파를 받을 수 있다. spread F는 주로 고위도, 밤 시간, 겨울철, 및 전리층이 교란되었을 때 일어나게 된다.

### (3) 주파수 범위의 최저 한계점(lower limit)

사용 가능한 HF 주파수 밴드는 하루 중의 시간, 태양활동주기, 계절과 위도에 따라 보다 낮은 한계점을 갖게 된다. 낮 동안 D 영역은 현저하게 나타나며, HF 전파를 흡수할 수 있다. 전파의 흡수는 낮은 주파수에서 보다 잘 일어난다. Absorption Limiting Frequency(ALF)는 사용 가능한 최저주파수를 나타내며, 밤에 D 영역은 미미하게 되기 때문에 ALF는 0이 된다. 낮 동안 ALF에 가까운 주파수를 사용하는 전파는 흡수될 수 있어 전달이 안 될 수 있다. 사용 가능한 주파수 밴드의 최소 한계점은 수신 지점 잡음과 송신파워 등의 요인에 따라 달라진다.

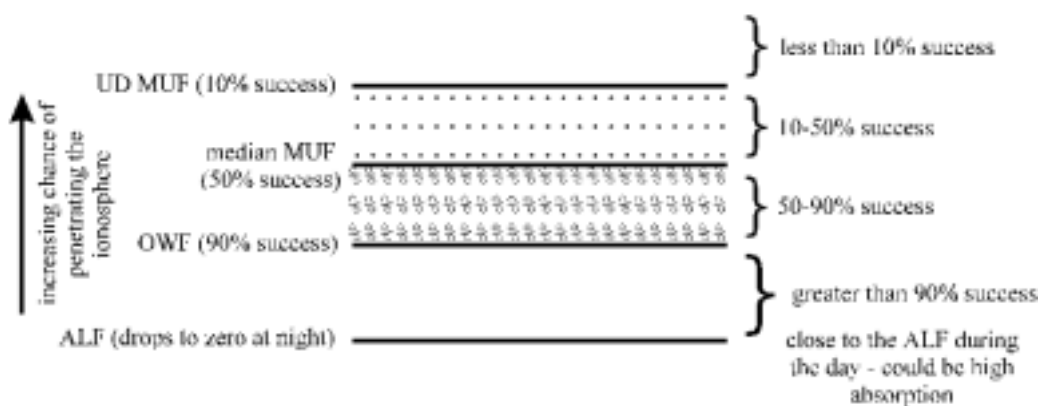
때때로 태양 플레어가 발생하면 HF 전파의 D 영역 흡수는 정상 준



위 이상으로 증가한다. 이것을 short wave fade-out(SWF)이라고 한다. fade-out은 일반적으로 높은 주파수에서는 보다 적은 파열을 일으킨다. 그러나 가끔은 모든 HF 전파 주파수가 흡수될 정도의 큰 플레어가 일어나기도 한다. 이러한 시간동안에 line-of-sight에 의한 HF 전달과 지면파의 전달은 가능하다.

#### (4) 주파수 범위의 최대 한계점(upper limit)

주파수가 너무 높으면, HF 전파는 지구로 되돌아오지 않고 전리층을 투과할 수 있다. F 영역에서 최대 한계점은 ASAPS에서 예보될 수 있다. Optimum Working Frequency(OWF)는 예보 기간의 90%가 성공되어야 하는 주파수이다. median Maximum Usable Frequency(MUF)는 그 시간의 10%가 성공적이어야 한다. 이러한 퍼센티지는 예보의 정확도에 따라 달라진다.



T index는 전리층 활동을 나타내는 IPS 지표이고, 관측된 실제 T index가 약 25 또는 그 이상 예측에서 사용된 T index와 다르면 예보

는 정확하지 않다고 생각해야한다. 예를 들면, 실제 T index가 50이었고 예측된 T index가 5였다면 T index 5에 기초한 주파수는 너무 낮게 되고 그것은 감소될 수 있다. 그런 경우 ASAPs를 다시 실행하고 50으로 새로 고쳐진 T index를 사용한 예측을 만드는 것이 좋다.

ASAPS 예보는 E 영역에 대해 EMUF를 제공할 수 있다. 즉, EMUF는 그 영역에서 50%의 전파 성공률을 제공해야하는 주파수이다. 밤 시간에 E 층은 전리층 HF 전달을 제공하지 못한다. Field 강도 예보는 가능한 어떤 E 층 모드에 대해 OWF를 제공한다.

#### (5) 전리층의 교란

태양 활동은 지구 자기장의 교란을 만들고 전리층의 교란을 일으킬 수 있다. 전리층 교란은 일반적으로 최대 사용 주파수의 drop 또는 강하를 나타낸다. 예를 들면, 하루의 특별한 시간에 특별한 circuit에서 전파는 OWF로서 12MHz를 사용할 수 있다. 전리층의 교란은 20%의 강하를 만들 수 있다. 즉, 전리층 교란동안 OWF는 9.6MHz로 떨어진다. 교란동안 사용 가능한 HF 주파수 밴드는 ALF와 9.6MHz 사이가 된다.

#### (6) IPS T index

T index는 전리층에서 태양활동효과를 나타내는 지표이며 -50~200 사이의 값을 가질 수 있다. 일반적으로 활발한 태양활동, 큰 T index, 및 높은 주파수가 전리층에 의해 제공될 수 있다. 그러나 교란동안에 T

index는 현저하게 감소하거나 negative 값으로 될 수도 있다. 이는 낮은 주파수가 사용되어야만 함을 의미한다. 관측된 T index와 예보된 T index 사이의 차이가 25보다 크면 잘못된 예보를 만들고 있는 것이다. 예보된 T index가 25 point 범위 내이면 일반적으로 예보된 값의 사용은 성공적인 전파 전달을 제공하게 된다. 월간 T index는 웹 사이트 <http://www.ips.gov.au/asaps/tindices.html>로부터 얻을 수 있다.

#### (7) T index와 교란

교란이 없다면 월간 T index를 사용한 예보는 성공적인 HF 전파 전달을 제공하게 된다. 때때로 태양에서 전리층을 교란시키는 이벤트가 발생한다. Australian Space Forecast Centre(ASFC)는 실시간 태양활동과 전리층을 관측한다. ASFCs의 역할은 사용자에게 예보된 조건이 변했음을 알려주는 것이다. ASFC는 이러한 교란의 효과를 나타내는 주의와 일일 보고서를 만들고 있다.

#### (8) 태양 흑점수와 10.7cm 태양 플럭스

태양흑점수는 태양의 표면에서 보이는 태양흑점과 태양흑점 그룹의 수이다. 따라서 태양흑점수의 관측은 기상, 장치와 관측자에 따라 달라질 수 있다. 10.7cm 태양 플럭스는 10.7cm 파장(주파수 2800MHz)에서 태양으로부터 나오는 radio emission의 관측이다. 태양흑점수와 10.7cm 플럭스는 상관관계를 가진다.

### (9) Circuit Types

ASAPS는 3가지 타입의 circuit을 정의한다: short path, long path, district/NVIS (Near Vertical Incidence Sky wave). short path circuit을 위한 예측은 송신지점과 수신지점 사이의 circle 거리 중 짧은 쪽을 의미하고, long path는 circle 거리 중 긴 쪽을 의미한다. district/NVIS prediction은 송신기의 300km이내의 전파 전달에 사용할 수 있다. 이는 송신지점의 바로 위 전리층에 기초하고 있다. 지역(district) 예보는 circuit이 하나의 출발점과 자동차와 같이 움직이는 지점으로 구성되는 경우 유용하다. 그러나 두 지점이 300km 이내에 고정되면 송신지점의 바로 위 보다는 완전히 다른 성질을 가질 수 있는 두 지점 사이의 전리층에 기초한 예보이기 때문에 short path 예보를 사용하는 것이 더 유리하다.

### (10) Hops 와 Modes

하나의 hop는 송신지로부터 나온 HF 파동이 전리층으로부터 한번 반사되어 지구로 되돌아오는 것이다. 두 개의 hops는 전리층에서 두 번의 반사와 중간에 지구에서 한번의 반사가 일어날 때이다. circuit의 첫 번째 모드는 송신기와 수신기 사이에 최소의 hops를 요구하는 것이고 (반드시 1 hop일 필요는 없음), 두 번째 모드는 첫 번째 모드보다 하나 이상 많은 hop를 요구한다. E와 F 모드에 대한 최대 실제 hop 길이 (with an antenna elevation angle of 4)는 각각 1800, 3200 km이다(E 층과 F 층 높이는 각각 100km, 300km). 만약 5813km의 Brisbane과 Manila 사이의 전파 통신이 요구된다면, 첫 번째 F 모드는 2F(F 층을

이용한 2 hops)이고 두 번째 F 모드는 3F가 될 것이다. 신호가 2 hops로 E 층에 의해 진행할 수 있는 최대 거리가 3600km( $2 \times 1800$ )이므로 위의 예에서는 첫 번째 E 모드(2E- 2 hops via the E layer)는 존재하지 않는다. 두 번째 E 모드(3E)는 5400km( $3 \times 1800$ )를 이용한 통신은 가능하지만, 매우 작은 elevation 각도가 요구될 것이다. E 영역 통신에 있어서는 D영역을 통과하는 수와 신호 강도를 받을 수 있는 레벨 이하로 감소시킬 수 있는 지구에서의 반사를 항상 고려해야한다. 예보는 하나의 층에 의한 (F 또는 E) 전달인 단순한 모드에 대해서만 이루어진다. 2 또는 그 이상의 층을 통한 전달을 포함하는 복합(complex), 혼합(mixed)된 모드는 신호가 약해지는 결과를 만들 수 있다. GRAFEX 예보는 fading을 만들 수 있는 복합, 혼합 모드가 일어날 수 있을 때를 나타낸다.

#### (11) Bearings

예측에서 bearing은 수신기에 대한 송신기의 실제 bearings(North에서부터 시계방향의 각도)을 말한다. Bearings는 각도 또는 mils로 들어갈 수 있다(North=0, east = 90, south = 180, west = 270)

#### (12) Defaults

날짜와 지수 (T index/10.7cm 플럭스/태양흑점수)의 default는 현재 달, 년도와 지수의 중간에서의 값이다. short path는 circuit type을 위한 default이다. 만약 일일 예보보다는 월간 예보를 만들고 있다면, 날짜 입

력 부분에서 Tab을 누르면 day 부분이 보이지 않게 된다.

### (13) T index Estimator

T index Estimator는 실시간 전리층 foF2 임계 주파수 자료를 얻을 수 있다면 매우 유용한 옵션이다. 특별한 시간에 실제 위치에서 foF2 값을 안다면, 이 프로그램은 그 시간에서의 T index 값을 추정하게 된다. T index DB가 태양활동주기의 장기간 예측에 바탕을 둔 T indices를 제공하기 때문에 이 프로그램은 유용한 것이다. 태양에서의 이벤트 등은 IPS의 T index가 맞지 않게 되는 두드러지는 변화를 만들 수 있다. 이런 경우 반사 지점 근처의 foF2를 아는 것은 예보의 정확도를 크게 향상시킬 수 있게 한다. 그러나 전리층에서의 변화는 시간에 대해 매우 국지적이 될 수 있다는 것을 염두에 두어야 한다. 예를 들어 특정한 위치에서 밀도가 낮아진 전리층 조건을 경험하는 동안 다른 곳에서는 보통의 상태일 수 있다. 그러한 경우 다른 지역의 국지적인 전리층 조건을 이용한 예보는 정확도가 떨어지는 전파 통신을 만들 수 있다.

### (14) ASAPS의 예보 타입

ASAPS V4.0은 GRAFEX, Field Strength와 Area Predictions의 세 가지 타입의 예보를 제공한다. GRAFEX 예보는 전리층에서 지속되는 주파수와 전달될 수 있는 모드에 대한 정보 등을 제공한다. GRAFEX formats는 선택된 주파수 세트와 선택된 주파수에 의해 쉽게 전달되는 모드를 결정하기 위해 요구되는 안테나 정보를 필요로 한다. 이 예보

타입은 통신 시스템 변수를 고려하지는 않는다.

ASAPS Field Strength 예보는 입력 값으로 안테나 타입, 송신기 파워, man-made noise, 주파수 세트, 요구된 전리층의 % days, bandwidth, 최소 take-off 각도와 요구된 signal-to-noise 등을 요구한다. 즉, 주파수를 결정할 때 시스템 변수가 고려된다.

Area 예보도 Field Strength 예보와 같이 입력 값으로 통신 시스템의 정보를 필요로 한다. 이 예보는 시스템 변수에 기초를 둔 한 위치와 user-specified area 사이에서 통신을 위한 주파수를 제공한다.

(15) GRAFEX 예보로부터 주파수 일정을 만들 수 있다.

IPB GRAFEX HF FREQUENCY PREDICTIONS															ADDRESS NO. 1111				
Circuit: Perth					Darwin					Date: December, 1997					T-index: 57				
Bearings: 39-213															Distance: 2652 km				
First Mode					Frequency (MHz)										Second Mode				
1F	4-9	18.0	1	5	10	15	20	25	30	35	40	2F	17-26	28.4					
UT	09F	MUF	ALP									09F	28UF	ALP	07				
00	17.5	20.4	12.0									10.5	13.8	7.5	00				
01	18.7	22.0	12.8									11.3	14.8	7.9	01				
02	19.6	22.7	13.2									11.8	15.6	8.1	02				
03	20.0	24.0	13.5									12.2	16.0	8.3	03				
04	20.1	25.5	13.5									12.3	16.1	8.3	04				
05	21.0	26.8	13.4									12.6	16.0	8.2	05				
06	20.9	27.0	13.0									12.6	15.4	8.1	06				
07	19.9	26.1	12.4									12.5	14.4	7.7	07				
08	18.5	24.3	11.5									12.1	12.2	7.3	08				
09	17.6	23.2	10.1									12.1	10.6	6.6	09				
10	16.1	22.1	7.5									11.3	0.0	5.4	10				
11	15.2	21.6	0.0									11.0	2.0	0.0	11				
12	14.6	20.7	0.0									10.4	2.0	0.0	12				
13	14.2	20.1	0.0									9.7	2.0	0.0	13				
14	14.4	19.9	0.0									9.5	2.0	0.0	14				
15	14.7	19.7	0.0									9.6	2.0	0.0	15				
16	14.6	19.6	0.0									9.4	2.0	0.0	16				
17	13.2	17.7	0.0									8.7	2.0	0.0	17				
18	11.5	16.2	0.0									8.3	2.0	0.0	18				
19	10.3	15.1	0.0									8.1	2.0	0.0	19				
20	9.3	13.7	0.0									7.6	2.0	0.0	20				
21	10.0	14.7	0.0									7.9	0.0	2.0	21				
22	12.8	18.0	9.1									9.5	9.7	5.8	22				
23	15.6	19.0	10.9									9.8	12.2	6.8	23				
UT	09F	MUF	ALP									09F	28UF	ALP	07				
1. UNABLE LESS THAN 50% OF DAYS 2. UNABLE (50%-90%) OF DAYS															3. BOTH E&F MODES 90% OF DAYS 4. MIXED FIRST AND SECOND F MODES				
5. FIRST F MODE ONLY 6. E LAYER PROPN 7. P 90% 450-90%															8. SECOND MODES ONLY 9. A HIGH ABSORPTION 10. X COMPLEX MODES				

그림 3.1.1 GRAFEX 예보.

그림 3.1.1의 GRAFEX 표의 주파수 영역에서 보이는 기호는 전파전달이 가능한가를 표시하는 것으로서 그 정의는 표 3.1.1과 같다.

표 3.1.1 GRAFEX 기호의 정의.

'blank'	on less than 3 days of the month. This symbol is also used when the frequency is below the ALF and no propagation is possible.
'.'	on 3 to 15 days of the month via the first F layer mode.
'%'	from 15 to 27 days of the month via the first F layer mode.
'F'	via the first F layer mode on almost all days (i.e. more than 27 days of the month).
'E'	via the first E layer mode and may be possible via the first F layer mode less than 15 days of the month.
'P'	on all days of the month via the first E layer mode and may also be possible via the first F layer mode on 15 to 27 days of the month.
'B'	via the first E layer and F layer modes on over 27 days of the month.
'M'	via the first F layer mode on at least 27 days of the month, the second F layer mode on at least 15 days of the month, and possibly the first E layer mode. Note that the signal is likely to propagate strongly on each of these modes and this could result in interference fading.
'S'	only via the second F layer mode on at least 15 days of the month, since this frequency is below the first F mode ALF.
'X'	via the second E layer and other modes, such as mixed E, F and higher order F modes. Interference fading will probably occur.
'A'	Low signal strengths should be expected, due to high absorption of the radio wave, because the frequency is very close to the ALF.



## 2. Database

- Terminal and Circuit Database : terminal과 circuit을 terminal과 circuit DB(Database)로 직접 저장할 수 있고, 나중에 계산 시 terminal과 circuit 이름을 가지고 이를 이용하고 수정 할 수도 있다.
- Frequency Set Database : 원하는 주파수 세트를 DB화 할 수 있다.
- Antenna Database : 안테나의 gain 패턴을 포함하는 DB를 만들 수 있다. 2차원 안테나는 다양한 take-off 각도에 대해 추가된 gain을 요구한다. 3차원 안테나는 특별한 take-off 각도와 bearings에 대해 추가된 gains를 요구한다.
- Areas of Interest Database : 통신하려는 특별한 영역(area)의 경계를 지정하여 사용할 수 있다. 위도와 경도로 경계를 정하며, 면적내의 행과 열의 수를 입력하여야한다. 행과 열의 최소수는 2, 최대 37 행과 최대 19열을 선택할 수 있다.
- Station Configurations Database : DB는 circuit의 시스템 파라미터를 지정하는 다른 station configuration을 포함한다. station configuration은 송신기 파워, 송/수신 안테나, 주파수 세트, man-made noise, bandwidth, 요구되는 signal-to-noise, 최소 take-off angle과 요구되는 전리층의 % days 등을 포함한다.

- T index Database : T index DB는 웹 또는 IPS Monthly Solar and Geophysical Summary로부터 정기적으로 갱신되어야 한다.

### 3. ASPAS Predictions

#### 가. GRAFEX Predictions

GRAFEX 예보는 주파수 영역에 대해 24시간 동안의 가능한 전파 전달 조건을 보여준다. GRAFEX 예보는 station configuration에서 지정되는 시스템 파라미터를 고려하지 않는다. 가능한 포맷은 다음과 같다.

- GRAFEX Table
- GRAFEX Graph
- GRAFEX Frequency Table
- GRAFEX Frequency Plan Table
- GRAFEX Frequency Plan Graph

GRAFEX Frequency Plan Table/Graph는 Default로 주파수 세트를 지정하는 것과 같이 station configuration이 정해졌을 때만 얻게 된다. 처음 세 포맷은 주파수 셋이나 default station configuration 없이 가능하다. 그러나 GRAFEX Graph 포맷은 default station configuration에서 주파수세트가 선택되지 않으면 제안된 주파수가 디스플레이 되지 않는다.

#### 나. Field Strength Predictions

Field Strength 예보에서 제공되는 것은 다음과 같다.

- All Noise
- Noise\_Pathloss
- Pathloss
- Field Strength
- Reflection Heights
- Antenna Gains
- Probability of Ionospheric Support
- Best Usable Frequency
- Signal-to-Noise
- Take-off Angle
- Noise Field Strength
- Estimated Power Required

이러한 포맷들은 사용자가 통신 시스템에 대해 입력한 변수들을 기초로 하여 최적의 주파수를 결정하기 위한 도구로서 사용될 수 있다. 또한 어떻게 통신 시스템이 효과적으로 이용될 수 있는지를 결정하기 위한 진단 도구로서도 사용될 수 있다. 그러나 Prediction Details 논의에서 default station configuration에서와 다른 주파수를 선택할 수도 있다. Field strength 예보 파일들은 .fsh 확장자를 가진다.

#### 다. 주파수 세트의 선택

아래 표 3.1.2는 주파수 세트 선택에 관한 ASAPS의 동작을 나타낸 것이다. station configuration이 디폴트로 정해지지 않으면, DEFAULT station configuration에서 파라미터들이 사용된다. 또한 station configuration이 디폴트로 선택되지 않으면, GRAFEX 예보는 DEFAULT station configuration에서 어떤 주파수 세트이든 선택되어 사용될 것이다. 즉, DEFAULT configuration에서 주파수 세트가 선택되지 않으면, 주파수 계획 포맷은 만들어지지 않는다. field strength 예보에 있어서 안테나 타입, 송신기 파워 같은 모든 다른 정보는 default station configuration(사용자가 디폴트로 station configuration을 선택하지 않으면 이것은 DEFAULT station configuration이 될 것임.)에서 얻어질 것이다.

#### 라. Area Prediction

Area 예보는 지정된 송신기와 지정된 면적 사이의 통신 또는 면적 내의 특정한 수신기로의 통신에 대한 예보를 제공한다. default station configuration에서 시스템 파라미터(주파수 세트와는 독립적으로)는 이러한 예보를 생산하기 위해 사용된다. 주파수 세트는 처음 예보를 만드는 동안 Area Prediction Details dialog에서 선택된다. 면적 예보가 계산될 때, GRAFEX와 Field Strength 포맷은 자동으로 생산된다. 면적 예보 포맷을 다음과 같다.

- Best Usable Frequency (BUF)
- Maximum Usable Frequency (MUF) on the BUF mode

- Optimum Working Frequency (OWF) on the BUF mode
- Signal to Noise at the BUF
- Signal to Noise at the MUF on the BUF mode
- Signal to Noise at the OWF on the BUF mode
- Noise field strength at the BUF
- Probability of ionospheric support at the BUF
- Take off angle of the BUF

BUF 모드는 BUF를 위해 선택된 전파 전달 모드(예, 1F, 1E, 3F, 등) 이다. 보다 정확한 계산을 위해서는 예보의 지도형태보다 표형태를 보는 것이 가장 바람직하다. Area 예보 파일은 .ahd 확장자를 가진다.

표 3.1.2 주파수 세트 선택에 관한 ASAPS의 동작.

Station configuration selected?	Frequency set in selected station config.	Freq. Set at prediction details dialog selected?	GRAFEX produced?	GRAFEX freq. plan formats produced?	Field strength prediction produced?
Yes	Set a	Set a	Yes	Yes - set a	Yes - set a
Yes	Set a	None	Yes	Yes - set a	No
Yes	Set a	Set b	Yes	Yes - set a	Yes - set b
Yes	None	None	Yes	No	No
Yes	None	Set a	Yes	No	Yes - set a
No	None	Set a	Yes	Yes - test*	Yes - set a
No	None	None	Yes	Yes - test*	No
No	Set a	None	Yes	Yes - test*	No
No	Set a	Set a	Yes	Yes - test*	Yes - set a
No	Set a	Set b	Yes	Yes - test*	Yes - set b

\* test는 DEFAULT station configuration에 의해 사용되는 주파수 세트.

주파수 세트가 DEFAULT station configuration에서 선택되지 않았으면, 이러한 포맷은 만들어지지 않는다.

## 제 2 절 ASAPS의 한반도 적용 가능성

### 1. 해군 제 3 함대의 HF 통신 교신률 조사 연구

해군 제 3 함대에서 2002년 4월 2일에서 2002년 4월 5일 동안 부산 목포(800~900km)간 HF 통신 교신률을 조사하였다. 주파수는 1MHz~22MHz 범위의 군사용 주파수를 사용하였다. 시험방식은 통신상태의 양

호, 불량, 두절 등으로 구분하여 시험하였다. 그리고 호주 IPS의 ASAPS를 이용하여 시험기간 동안의 최적주파수(Optimum Working Frequency: OWF)를 계산하였다. ASAPS의 계산 값과 실제 부산-목포 간 HF 통신 상태를 비교해 본 결과 ASAPS에서 구한 최적주파수가 실제 사용 주파수와 잘 일치함을 확인하였다. 본 연구의 HF 통신 교신률 조사 결과는 전파연구소에 보고 되었으며, 관련기관의 요청에 따라 그 결과를 본 보고서에 수록하지는 않는다.

위 연구 결과로부터 HF 통신상태 예보 프로그램인 ASAPS를 한반도 지역의 HF 통신 예보에 적용할 수 있음을 확인하였다. ASAPS로부터 구한 최적사용주파수를 해군의 분기별 통신 주파수 선정에 이용한다면 매우 유용할 것으로 생각된다. 또한 주간, 월간 HF 통신 예보 서비스를 제공할 수 있을 것으로 생각된다. 해군과 전파연구소 상호간에 협력 체제를 구축하고, 해군에서 제공하는 실제 통신 장애 사례를 이용하여 전리층 변화에 대한 지속적인 연구를 수행해야할 것으로 생각된다.

### 제 3 절 전리층 변화에 따른 한반도 상공의 전파전달 모델 개발

#### 1. 점대점 전파예보(point-to-point predictions) 프로그램

ASAPS의 GRAFEX 예보(point-to-point 전파예보)를 이용하여 한반도 상공의 전파전달을 예측하고 이를 실시간으로 제공할 수 있는 모델을 개발하였다. GRAFEX 예보는 전리층에서 지속되는 주파수와 전달될 수 있는 모드에 대한 정보 등을 제공한다. 본 연구에서 개발된 전파 예

보 프로그램에서는 GRAFEX의 계산 결과를 이용하여 최대사용주파수 (Maximum Usable Frequency; MUF), 최적사용주파수 (Optimum Working Frequency; OWF 또는 Frequency of Optimum Traffic: FOT) 등의 결과 값을 출력하게 된다. 프로그램의 예측 결과는 다음의 3부분으로 나뉘어진다.

- HF Frequency Predictions
- Best Usable Frequency Predictions
- Frequency Plan Predictions

HF Frequency Predictions에서는 1st 모드와 2nd 모드에 대해 F층의 MUF, OWF와 E층의 EMUF를 제공하게 되며, Best Usable Frequency Predictions에서는 사용자가 입력한 주파수 세트를 이용한 최적사용주파수와 전파전달 모드(예, 1F, 1E, 2F 등), 전파전달 성공률, MUF, OWF, Takeoff angle 등이 제공된다. 그리고 Frequency Plan Predictions에서는 시간에 따른 최적사용주파수와 전파전달 모드를 선정하여 제공하게 된다. 이때 전파성공률의 최저 값과 takeoff angle이 함께 제공된다.

계산에 필요한 입력 값으로는 날짜, 송신지와 수신지의 위치(위도, 경도) 정보, 전리층 변화를 나타내는 T-index, station의 정보 등이 필요하다. 이때 IPS에서 제공하는 한달 평균값인 T-index 대신 전파연구소의 전리층 관측데이터로부터 추출한 foF2 값을 T-index로 변환하여 사용함으로써 실시간 예보가 가능해졌다. 그러나 관측 값이 없는 경우에는 IPS에서 제공하는 T-index 값을 사용하게 된다. 또한 Frequency Plan Prediction을 이용하여 하루뿐만 아니라 한달 단위의 최적주파수를 선정할 수도 있다. 이때는 T-index 값으로 한달 평균한 값을 사용하면 된다.



한편 필요한 입력 값은 본 연구과제에서 개발된 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어를 이용하여 사용자가 직접 입력한 값을 넘겨받을 수 있도록 되어있다. 또한 프로그램을 조금 수정하여 프로그램 상에서도 직접 입력 가능하도록 하였다. 결과는 “UserPredPoint\_g\_xxx.txt”, “UserPredPoint\_b\_xxx.txt” 및 “UserPredPoint\_p\_xxx.txt”의 텍스트 파일로 저장된다. 텍스트파일의 뒷부분(“xxx”)에는 사용자별 인터넷 IP가 추가되도록 프로그램 되어있다. 그림 3.3.1, 3.3.2와 3.3.3은 결과를 출력한 것이다. 이 결과 값은 인터넷 기반 소프트웨어를 통해 사용자에게 실시간으로 제공된다.

=====							
HF Frequency Predictions							
=====							
Date(YYYY MM DD, KST): 2002 10 26 T-index: 113							
Tx: Seoul 37.33 126.56							
Rx: Tokyo 35.70 139.77							
Path: short Distance: 1193 km Bearings: 95 283							
=====							
First Mode: 1F 17-27 1E 5-9				Second Mode: 2F 32-47 2E 15-22			
KST	MUF	OWF	EMUF	MUF	OWF	EMUF	KST
00	8.6	6.6	2.1	6.6	5.2	1.2	00
01	8.3	6.3	2.1	6.4	5.0	1.2	01
02	8.1	6.3	2.1	6.2	4.9	1.2	02
03	7.9	6.3	2.1	6.0	4.9	1.2	03
04	7.7	6.1	2.1	5.8	4.8	1.2	04
05	7.4	5.9	2.1	5.6	4.6	1.2	05
06	9.1	6.9	2.1	6.3	4.9	1.2	06
07	15.7	11.7	6.7	9.5	7.2	0.0	07
08	20.3	15.2	10.6	12.8	9.8	5.8	08
09	21.7	16.3	12.3	13.9	10.6	7.0	09
10	21.5	16.4	13.4	14.3	11.0	7.7	10
11	21.5	16.6	14.0	14.5	11.3	8.1	11
12	21.1	16.3	14.2	14.4	11.3	8.3	12
13	21.1	16.3	14.1	14.4	11.3	8.2	13
14	20.6	15.9	13.6	14.1	11.0	7.8	14
15	20.3	15.9	12.6	13.7	10.9	7.2	15
16	19.5	15.3	11.0	13.1	10.4	6.2	16
17	18.4	14.4	8.0	12.2	9.7	3.9	17
18	16.2	12.8	2.1	10.8	8.6	1.2	18
19	13.7	11.1	2.1	9.4	7.7	1.2	19
20	11.6	9.4	2.1	8.1	6.7	1.2	20
21	10.1	8.2	2.1	7.4	6.1	1.2	21
22	9.5	7.5	2.1	7.0	5.6	1.2	22
23	8.9	6.8	2.1	6.7	5.3	1.2	23
=====							

그림 3.3.1 HF Frequency Predictions 결과

Best Usable Frequency Predictions						
Date(YYYY MM DD, KST): 2002 10 26 T-index: 113						
Tx: Seoul 37.33 126.56						
Rx: Tokyo 35.70 139.77						
Path: short Distance: 1193 km Bearings: 95 283						
Selected frequency set (MHz): 3 7 10 14 21 28						
KST	Mode	BUF	Prob	MUF	OWF	TOA
0	1F	3	99	8	6	22
1	1F	3	99	8	6	22
2	1F	3	99	8	6	22
3	1F	3	99	7	6	21
4	1F	3	99	7	6	21
5	1F	3	99	7	5	21
6	1F	3	99	9	6	19
7	1F	10	99	15	11	19
8	1F	14	99	20	15	20
9	1F	14	99	21	16	20
10	1F	14	99	21	16	20
11	1F	14	99	21	16	21
12	1F	14	99	21	16	21
13	1F	14	99	21	16	21
14	1F	14	99	20	15	22
15	1E	7	99	12	11	6
16	1F	14	99	19	15	20
17	1F	14	99	18	14	20
18	1F	10	99	16	12	19
19	1F	10	99	13	11	21
20	1F	7	99	11	9	21
21	1F	7	99	10	8	22
22	1F	7	99	9	7	22
23	1F	3	99	8	6	21

그림 3.3.2 Best Usable Frequency Predictions 결과

```

=====
Frequency Plan Predictions
=====
Date(YYYY MM DD, KST): 2002 10 26   T-index: 113
Tx:   Seoul   37.33  126.56
Rx:   Tokyo   35.70  139.77
Path: short Distance: 1193 km Bearings: 95 283
Selected frequency set (MHz): 3 7 10 14 21 28
=====
Probability > 99   TakeOff Angle: 6 - 22
=====
Time(KST)           Frequency(MHz)      Mode
0000 - 0700         3           1F
0700 - 0800         10          1F
0800 - 1500         14          1F
1500 - 1600         7           1E
1600 - 1800         14          1F
1800 - 2000         10          1F
2000 - 2300         7           1F
2300 - 2400         7           1F
=====

```

그림 3.3.3 Frequency Plan Predictions 결과

## 2. 점대지역 전파예보(point-to-area predictions) 프로그램

본 프로그램에서는 ASAP의 Area Prediction(point-to-area 전파예보)을 이용하여 한반도 상공에서의 전파전달을 예측하는 프로그램을 개발하였다. 점대점 전파예보와 마찬가지로 인터넷 사용자로부터 입력 값을 넘겨받아 결과를 사용자에게 보내주도록 구성되어 있다. 입력 값은 전파를 보낼 영역이 지정된다는 점을 제외하고는 점대점 전파예보 프로그램과 같다. 결과 값으로는 Best Usable Frequency가 제공되며, “UserPredArea.txt”라는 텍스트 파일로 저장된다. 그리고 저장된 텍스트 파일을 읽어 2차원 칼라 contour map을 출력하게 된다. 2차원 칼라 contour map은 “BUFhh\_xxx.jpg” (hh: KST (Korean Standard

Time), xxx: 사용자의 IP 주소)라는 이름으로 저장되며 이를 인터넷 사용자에게 제공하게 된다. 그림 3.3.4는 점대지역 전파예보의 텍스트 결과 값이고, 그림 3.3.5는 계산 결과를 보여주는 2차원 color map이다.

[illegible]

그림 3.3.4 점대지역 전파예보의 계산 결과 값

### 3. foF2 값의 update

전파연구소의 전리층 관측 값이 있는 경우 관측된 foF2 값을 이용하여 한반도 상공에서의 전파전달을 예측하기 때문에 관측된 foF2 값을 데이터베이스로 만들었다. 또한 매 1 시간 마다 전파연구소의 데이터 저장서버로부터 foF2 값을 자동으로 다운받아 foF2의 데이터베이스를 업데이트 하도록 하였다. (관련 프로그램들은 부록 1을 참조.)

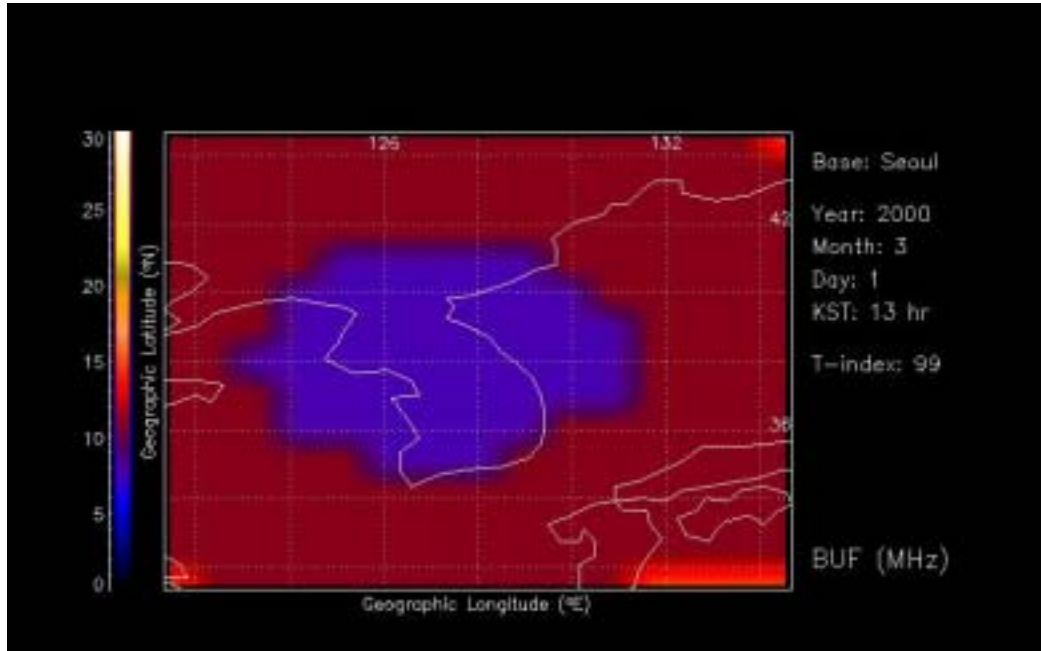


그림 3.3.5 점대지역 전파예보 결과 값의 2차원 칼라 map.

#### 4. 개발된 전파전달 모델의 검증

개발된 전파전달 모델의 검증을 위해 서울(126.96E, 37.55N)에서 송신된 전파의 한반도 주변 지역(경도 121E~135E, 위도 31N~45N)에 대한 FOT(Frequency of Optimum Traffic)를 계산하였다. 계산 시간은 해군 제 3 함대에서 부산-목포간 통신 교신을 시험을 실시한 날 중의 하나인 2002년 4월 3일에 대해 수행하였으며, 이날의 태양 흑점수는 104로 관측되었다. 태양활동 정도를 나타내는 이 값을 전파전달 모델의 입력값으로 사용하였으며, 이는 전리층에서의 태양활동효과를 나타내는 지표인 T index 값으로는 99에 대응된다. 그림 3.3.6은 계산된 FOT를 시간별(UT)로 지도상에 나타낸 그림이다. 이때 결과 값을 다른 전리층 전파전달 모델인 LiLo의 계산 값과 비교하기 위해 UT(Universal Time)로

결과를 출력하였다. 실선은 FOT 값이 같은 지점들을 연결한 등고선이다. FOT 최대 값은 4UT일 때 경도 135E, 위도 31N에서 15.8MHz가 되고, 최소 값은 20UT일 때 경도 127E, 위도 37N에서 4.7MHz가 된다. Universal Time(UT)와 비교하여 한반도 지역은 Greenwich 보다 9시간 정도 앞선다. 따라서 FOT가 최대가 되는 4UT는 한국시간으로 13시 정도이고, 최소가 되는 20UT는 5시 정도가 된다. 즉, 전리층을 매질로 전달되는 HF 전파는 낮 시간 동안에 높은 주파수를 사용해야함을 알 수 있다. 또한 12UT~21UT(한국시간: 21시~06시)의 밤 시간에는 6MHz 이하의 낮은 주파수를 사용해야하고, 1UT~8UT(한국시간: 10시~17시)의 낮 시간에는 10MHz~15MHz에 이르는 높은 주파수가 사용되어야한다. 22UT~23UT(한국시간: 7시~8시)와 9UT~11UT(한국시간: 18시~20시)의 일출과 일몰시간에는 한반도 주변에 걸쳐 7MHz~15MHz에 이르는 넓은 주파수 범위를 가짐을 알 수 있다. 이러한 시간동안에는 전리층이 급변하게 되어 낮과 밤보다 다양한 주파수대를 사용해야한다.

위의 계산결과를 전리층 전파전달 모델인 LiLo의 계산 결과와 비교해 보았다. LiLo는 월 단위의 예측 프로그램이기 때문에 2002년 4월에 대해 시험을 수행하였으며, 이때 흑점수는 위의 계산과 동일한 104 이다. 앞의 시험과 마찬가지로 서울(126.96E, 37.55N)을 송신지점으로 하고, 경도 121E~135E, 위도 31N~45N에 해당하는 한반도 주변 영역을 수신지점으로 하여 시간(UT)에 따른 FOT의 변화를 살펴보았다. 그림 3.3.7은 LiLo의 계산 결과를 나타낸 그림이다. FOT의 최대 값은 3UT일 때 경도 135E, 위도 31N에서 13MHz가 되고, 최소 값은 20UT일 때 경도 126E, 위도 35N에서 3MHz가 된다. 개발된 전파전달 모델의 계산 결과와 비교하여 전체적으로 FOT가 낮게 나왔으며 최대값에서

2.8MHz의 차이를 보였다. 그러나 시간에 따른 분포의 변화는 전파전달 예측모델과 같은 경향성을 보이는 것으로 나타났다.

또한 전파전달예측모델과 LiLo 계산 결과의 정확성을 조사하기 위해 전파연구소에서 관측한 foF2 값과 비교해 보았다. 표 3.3.1은 전파연구소의 Ionogram을 이용하여 2002년 4월 3일에 관측된 전리층 변수들이다. 그림 3.3.8은 UT에 따른 foF2 $\times$ 0.85(solid line), 전파전달예측모델의 FOT(dashed line), 및 LiLo의 FOT(dotted line)를 그린 것이다. 전파전달예측모델과 LiLo의 계산 값은 송신지점 서울(126.96E, 37.55N)에서 경도 127E, 위도 38N의 수신지점 사이에 얻어진 FOT 값을 표시하였다. 전파전달예측모델의 계산 결과는 관측된 foF2 값과 약간의 차이를 보이지만, LiLo의 계산 결과보다는 관측 값에 더 근접하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 개발된 한반도 상공의 전파전달예측모델은 전리층의 변화를 잘 기술하고 있음을 알 수 있다. 또한 전파연구소에서 관측한 foF2 값을 전리층 변화 효과를 나타내는 T-index로 변환하여 사용함으로써 실시간 전파전달 예측이 가능하게 되었다.



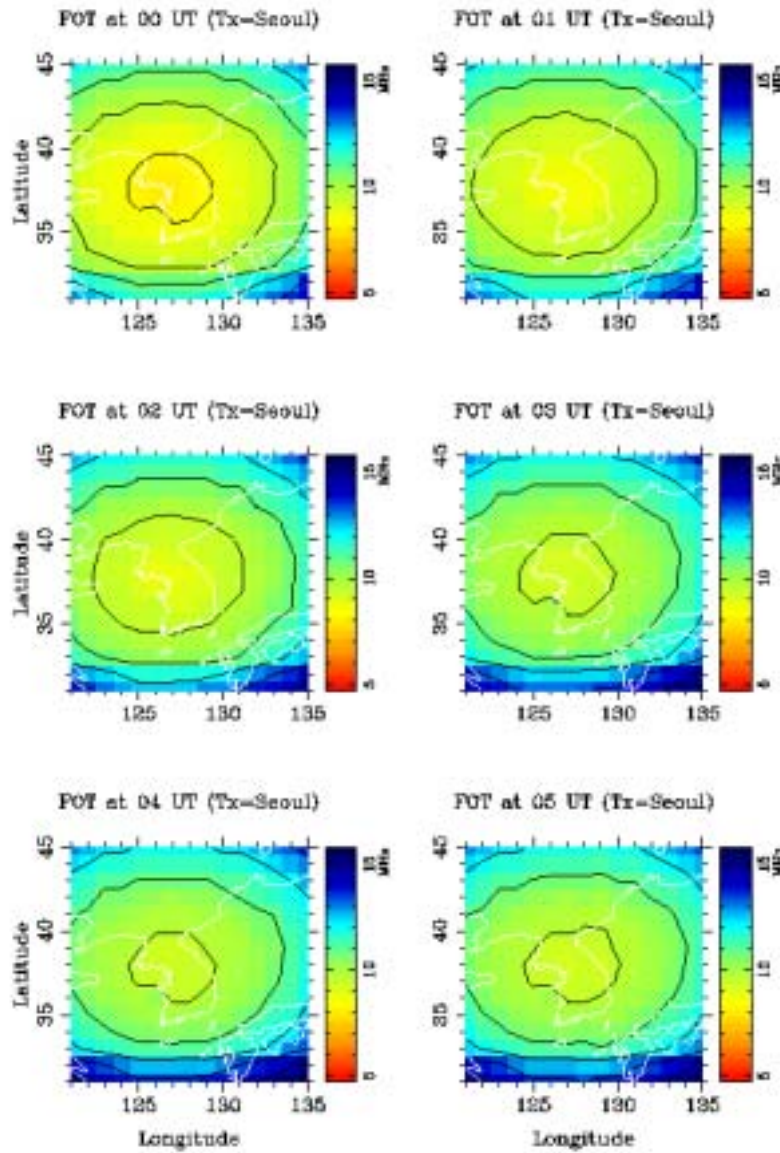


그림 3.3.6 2002년 4월 3일 전파전달예측모델을 이용하여 구한 시간에 따른 전리층 FOT (Frequency of Optimum Traffic) 변화 그래프 (태양흑점수 104, T index=99).

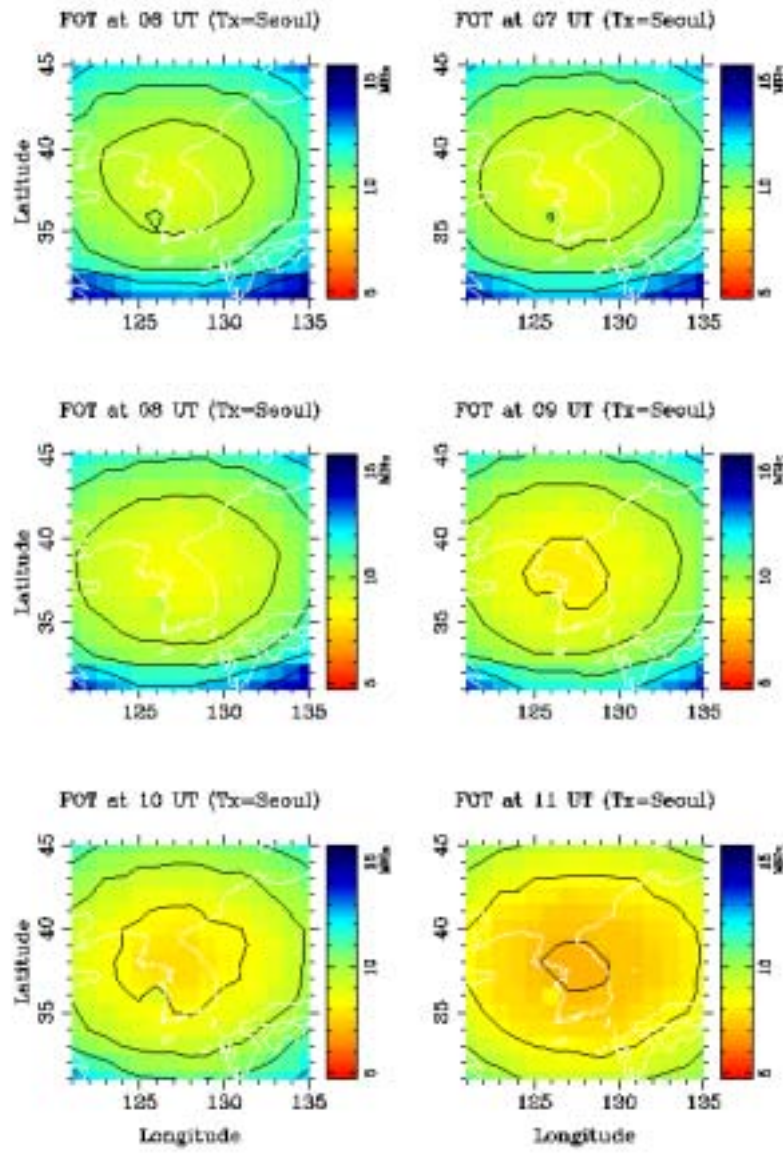


그림 3.3.6 이어서.

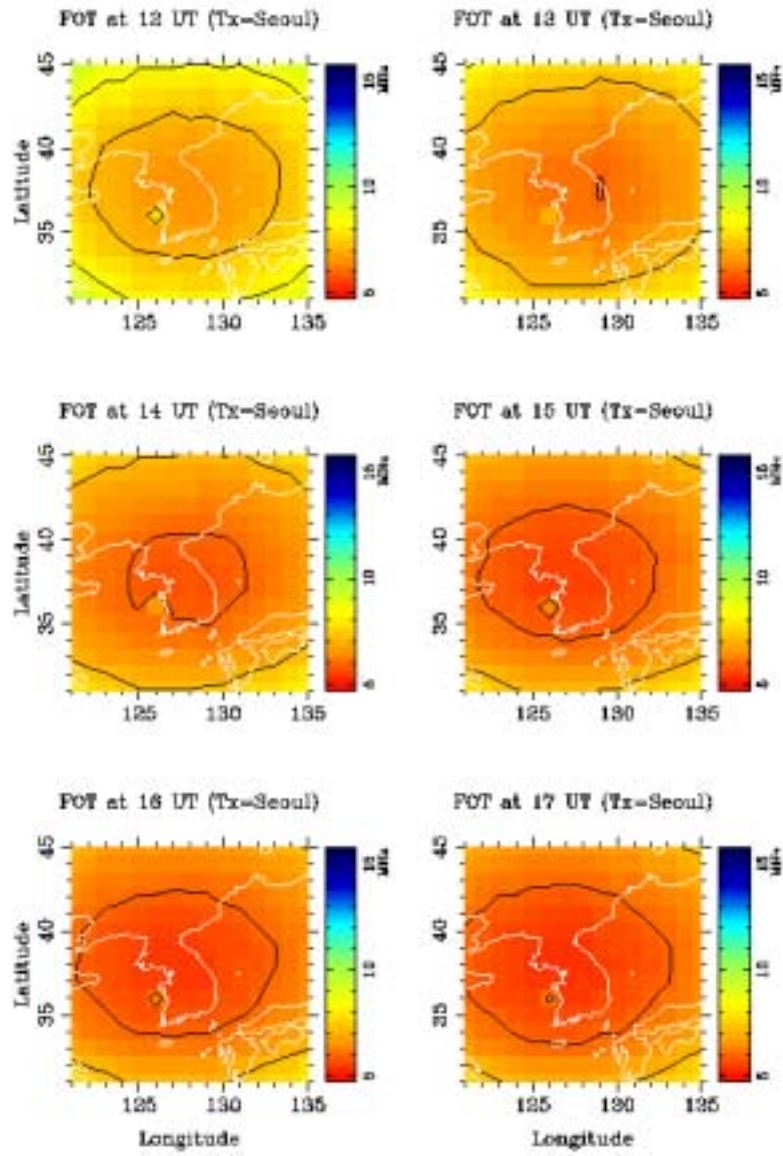


그림 3.3.6 이어서.

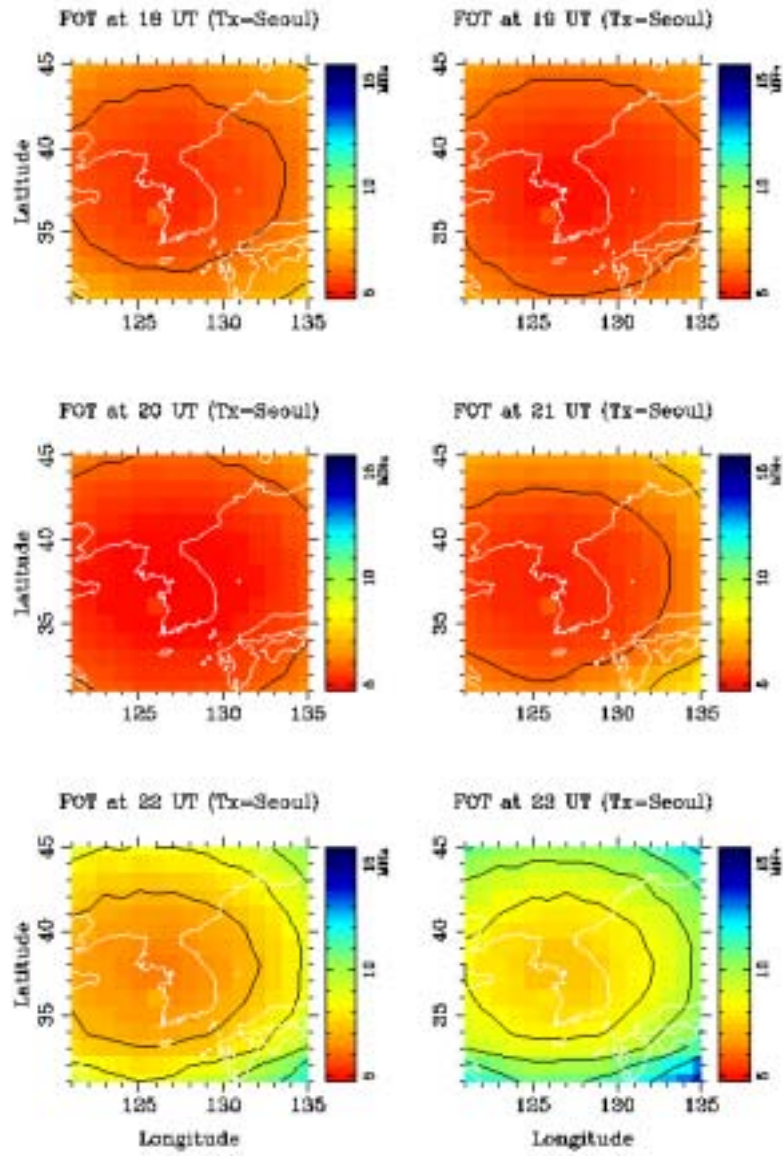


그림 3.3.6 이어서.

표 3.3.1 2002년 4월 3일 전파연구소의 Ionogram에서  
관측된 전리층 파라미터.

y	m	d	UT	min	foF2	foF1	foE	fxI	foEs	fmin	MUF	MD
2	4	3	0	0	11.850	999.900	3.320	12.500	3.300	2.700	35.536	3.012
2	4	3	1	0	12.850	999.900	999.900	13.500	999.900	4.200	36.253	2.832
2	4	3	2	0	13.450	999.900	999.900	14.100	999.900	4.600	37.417	2.792
2	4	3	3	0	13.650	5.847	999.900	14.400	999.900	5.100	39.192	2.882
2	4	3	4	0	13.250	999.900	999.900	13.900	999.900	5.100	36.249	2.746
2	4	3	5	0	13.250	4.703	999.900	13.900	999.900	4.300	35.824	2.714
2	4	3	7	0	12.650	4.312	3.020	13.400	3.000	2.700	35.258	2.798
2	4	3	8	0	12.350	999.900	3.020	13.000	3.000	2.700	34.240	2.784
2	4	3	9	0	12.150	999.900	2.620	12.800	2.600	2.000	35.027	2.895
2	4	3	10	0	11.450	999.900	999.900	12.100	999.900	2.600	34.093	2.991
2	4	3	11	0	9.450	999.900	999.900	10.200	999.900	2.200	27.145	2.888
2	4	3	12	0	9.250	999.900	999.900	9.900	999.900	1.800	23.171	2.519
2	4	3	13	0	9.150	999.900	999.900	9.800	999.900	2.200	24.930	2.740
2	4	3	14	0	9.550	999.900	999.900	10.200	999.900	2.200	25.464	2.680
2	4	3	15	0	9.050	999.900	999.900	9.700	999.900	1.900	26.931	2.992
2	4	3	16	0	9.050	999.900	999.900	9.800	999.900	1.900	25.108	2.790
2	4	3	17	0	8.650	999.900	999.900	9.300	999.900	1.800	24.113	2.804
2	4	3	18	0	8.350	999.900	999.900	9.100	999.900	2.100	25.279	3.046
2	4	3	19	0	7.150	999.900	999.900	7.900	999.900	1.800	20.051	2.824
2	4	3	20	0	6.550	999.900	999.900	7.300	999.900	1.900	18.105	2.785
2	4	3	21	0	7.050	999.900	999.900	7.700	999.900	1.900	18.574	2.653
2	4	3	22	0	8.750	999.900	999.900	9.500	999.900	3.100	27.283	3.136
2	4	3	23	0	11.225	999.900	2.820	11.900	2.800	1.900	35.226	3.145



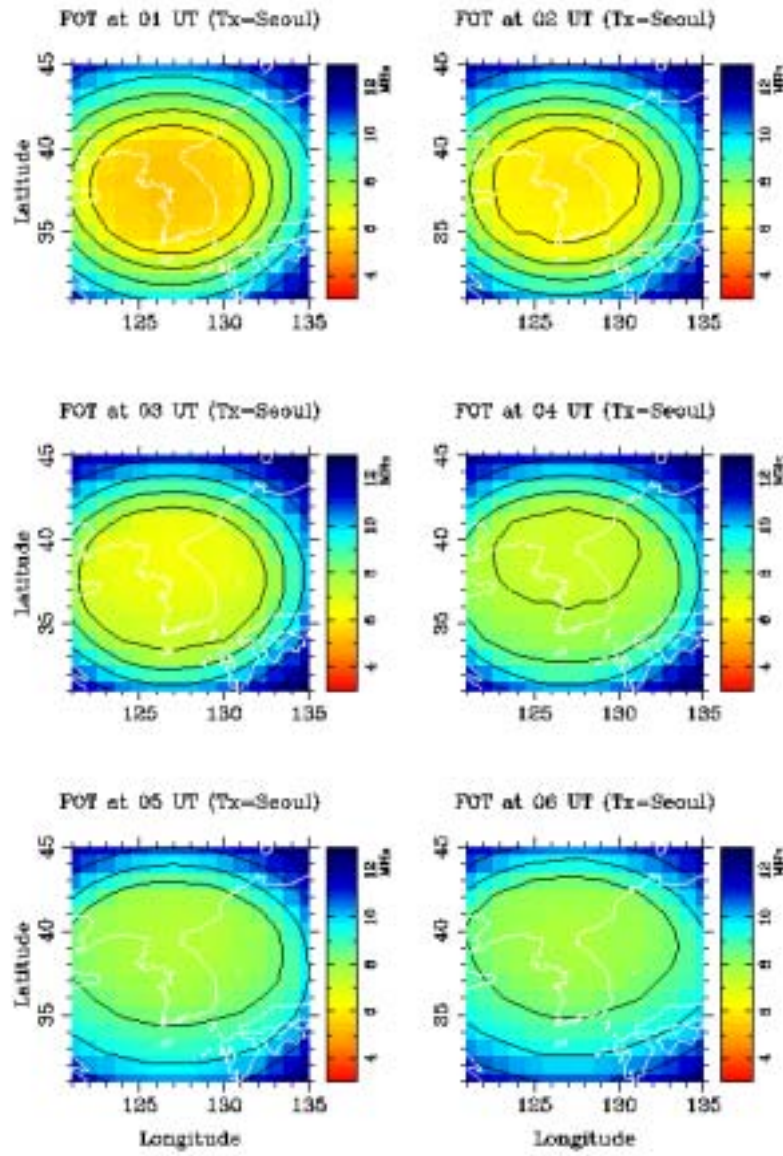


그림 3.3.7 LiLo에서 계산된 2002년 4월의 FOT를  
시간에 따라 나타낸 것 (태양흑점수 104)

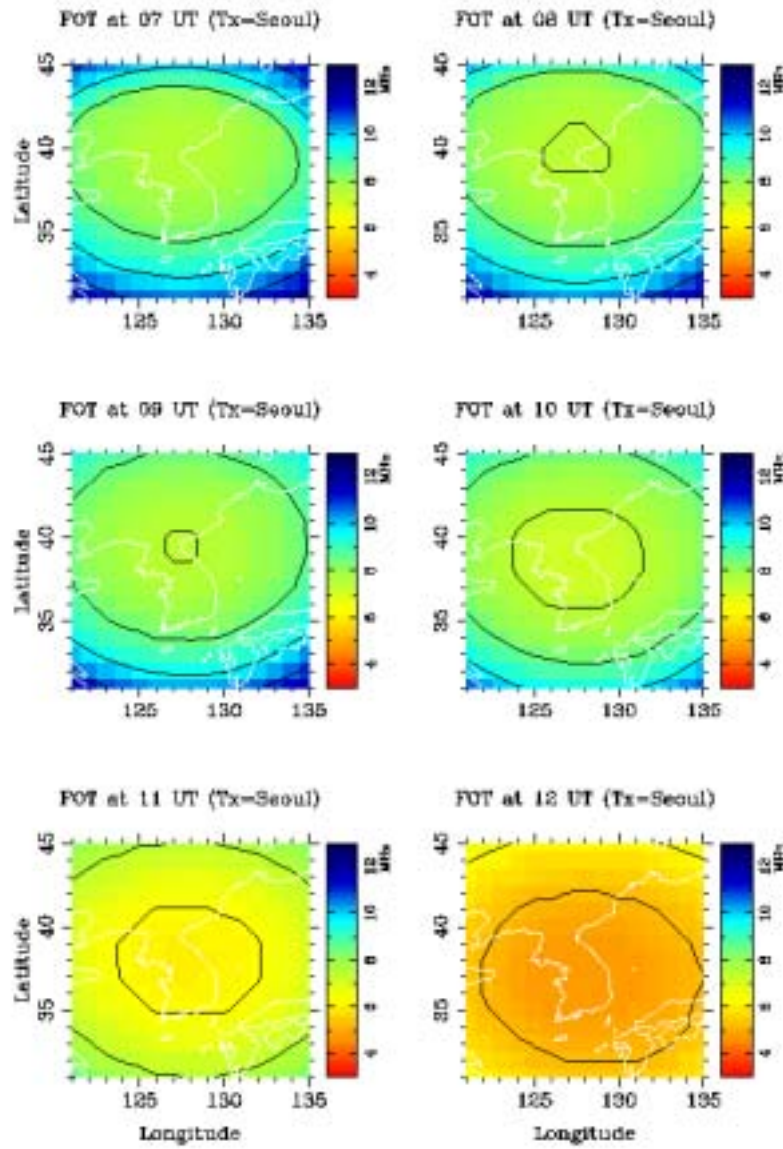


그림 3.3.7 이어서.

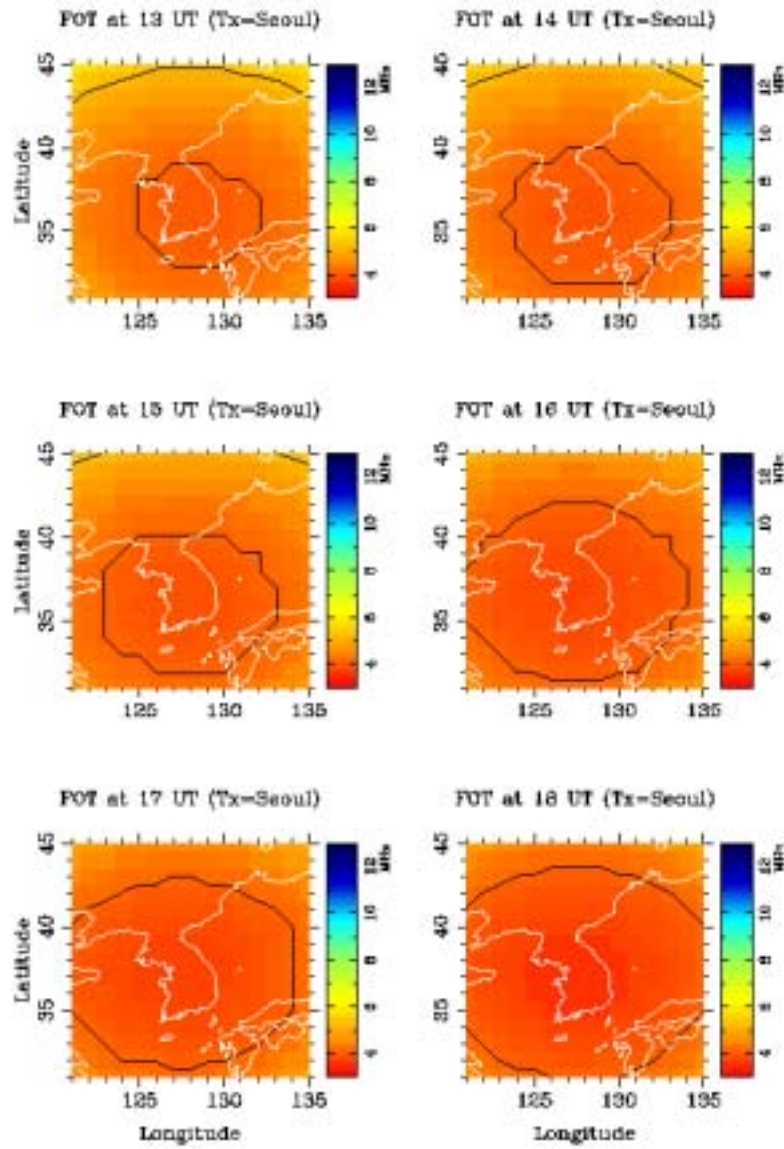


그림 3.3.7 이어서.



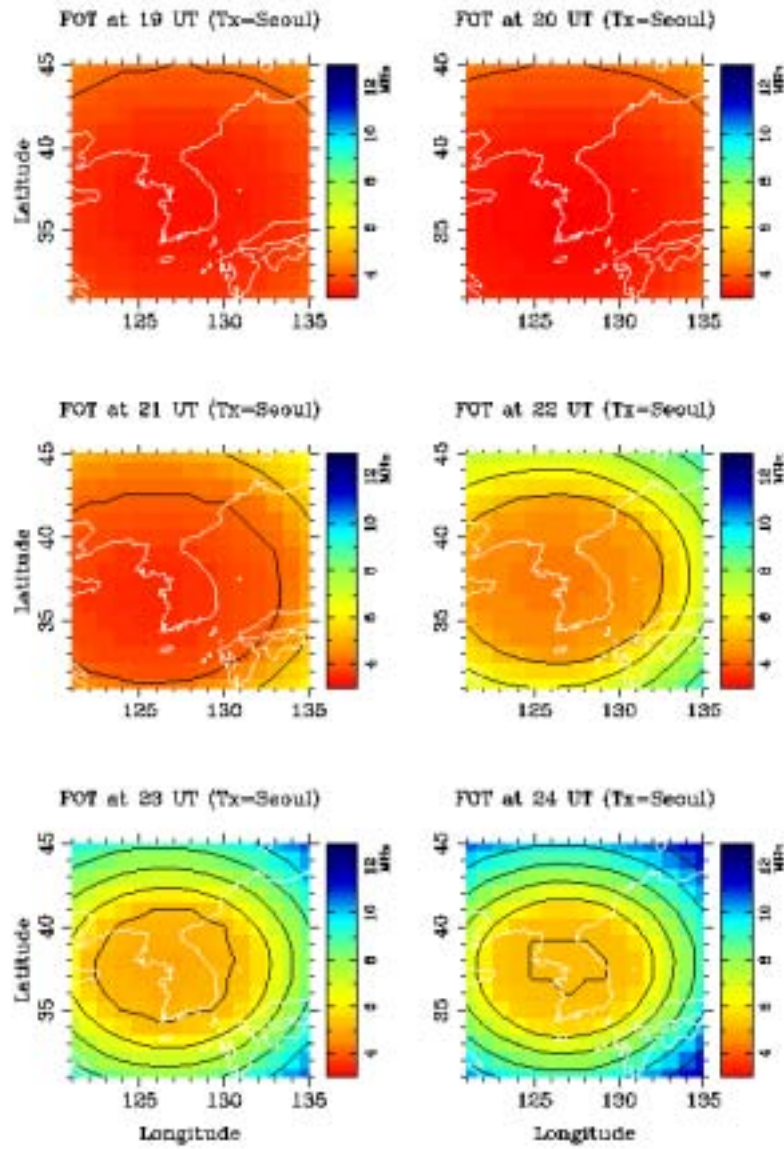


그림 3.3.7 이어서.

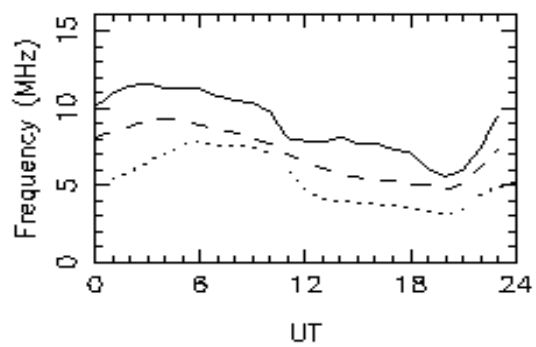


그림 3.3.8 UT 변화에 따른 FOT 값. solid line:  $foF2 \times 0.85$ ; dashed line: ASAPs에서 계산된 FOT; dotted line: LiLo에서 계산된 FOT.

## 제 4 장 전파통신 교란 예보 서비스 방안 제시

### 제 1 절 인터넷 기반의 프로그램 개발

본 연구 수행 결과 개발된 전파전달모델을 웹과 연동하여 사용자 중심의 전파통신교란예보 서비스가 가능하도록 하였다. 인터넷 기반의 소프트웨어로서 개발된 본 프로그램은 전파연구소의 인터넷 홈페이지를 통해 제공될 예정이다. 제 4 장에서는 개발된 프로그램과 그것의 사용 방법을 소개하고자 한다.

#### 1. 소개

◎ 전파연구소 우주환경예보 홈페이지(<http://solaradio.rrl.go.kr>)의 메뉴에서 전파 사용자 예보 서비스 탭을 선택한다.

◎ 전파 사용자 예보 서비스는 크게 전파전달예보 서비스, 전리층 관측 데이터, Ionospheric Map(일본 관측 데이터)로 구성된다.



그림 4.1.1 전파 사용자 예보 서비스 기본 화면

◎ 전파전달예보 서비스는 점대점 전파예보(point-to-point prediction)와 점대지역 전파예보(point-to-area prediction)로 구성되어 있다.

## 2. 점대점 전파예보(point-to-point prediction)

가. 점대점 전파예보(point-to-point prediction) 링크를 누르면 그림 4.1.2와 같은 점대점 전파예보시스템 기본 화면이 나타난다.

## ♣ 점대점 전파예보(point-to-point prediction) ♣

◎ T-Index 설명 : 태양활동효과를 나타내는 전리층 지수(범위 : -50 ~ 200)  
 위의 T-index값은 북반구(Northern Hemisphere)에서 한달 동안 평균한 값.  
 \* = 변경될 수 있는 값  
 ^ = 호주 IPS에서 예측한 값  
 T-index Estimator를 이용하여 전리층 FoF2 일계주파수 값으로부터 추정 가능

그림 4.1.2 point-to-point 예보시스템 기본 화면

### 나. 예보시각

예보할 연도 및 월, 일, 시간을 차례대로 입력한다(기본값으로 현재 시각이 보여진다.).

### 다. 지수(index)

다음 단계에 있는 지수(index)에서 T를 선택하면 북반구에서 관측한 월평균 T-index값이 그림 4.1.3과 같이 입력된다. 이 때 사용자가 입력하거나 제공되는 foF2 값으로 T-index값을 구하고자 할 때는 T-index

Estimator를 실행시킨다.

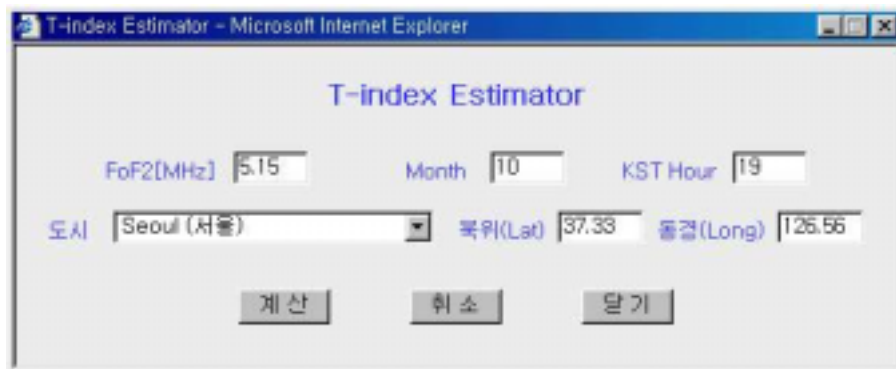
그림 4.1.3 선택한 예보시각의 월평균 T-index 입력

#### 라. T-index Estimator

T-index Estimator를 실행시키면 아래 그림과 같이 예보시각의 foF2 값이 출력되거나 자료 값이 없는 경우에는 그림4.1.4와 같은 팝업창이 나타난다. 계산 버튼을 누르면 그림 4.1.5처럼 T-index 값이 계산되어진다. 계산된 T-index 값을 그대로 사용하면 그림 4.1.6처럼 T-index 값이 업데이트된다.

한편, foF2 값이 없는 경우에는 창에 나타난 링크(그림 4.1.7)를 연결하여 일본 관측 자료를 이용하거나 사용자가 임의로 foF2 값을 입력할 수 있다(단, foF2 < 50MHz). 또는 예보시스템에 입력된 T-index(월평균 값)를 그대로 사용하여 예보할 수도 있다.

반드시 예보시간이 입력되어야 실행가능하다.



T-index Estimator - Microsoft Internet Explorer

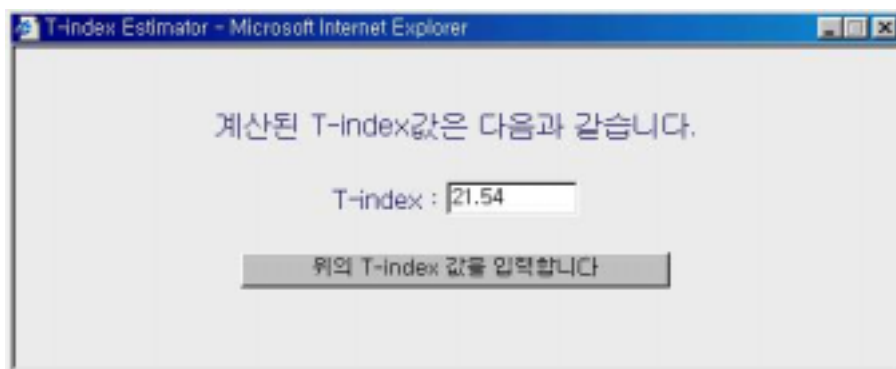
T-index Estimator

FoF2[MHz] 5.15 Month 10 KST Hour 19

도시 Seoul (서울) 북위(Lat) 37.33 동경(Long) 126.56

계산 취소 닫기

그림 4.1.4 T-index Estimator 팝업창



T-index Estimator - Microsoft Internet Explorer

계산된 T-Index값은 다음과 같습니다.

T-index : 21.54

위의 T-index 값을 입력합니다

그림 4.1.5 T-index Estimator 실행 결과

그림 4.1.6 계산된 T-index값 업데이트

그림 4.1.7 관측된 foF2값이 없는 경우

마. 송신지(Tx)와 수신지(Rx)

다시 예보 시스템 기본 화면에서 송신지에 해당되는 위도와 경도를 입력하거나 전국 주요도시를 선택하고자 할 때에는 [지역검색] 버튼을



눌러 그림 4.1.8처럼 원하는 도시의 이름을 입력한다. 이 때 빈 칸에 도시 명을 입력하지 않고 그림 4.1.10처럼 [지역검색] 버튼을 누르면 데이터베이스에 저장된 도시명이 그림 4.1.11과 같이 모두 출력되므로 이를 선택하여 입력해도 된다.

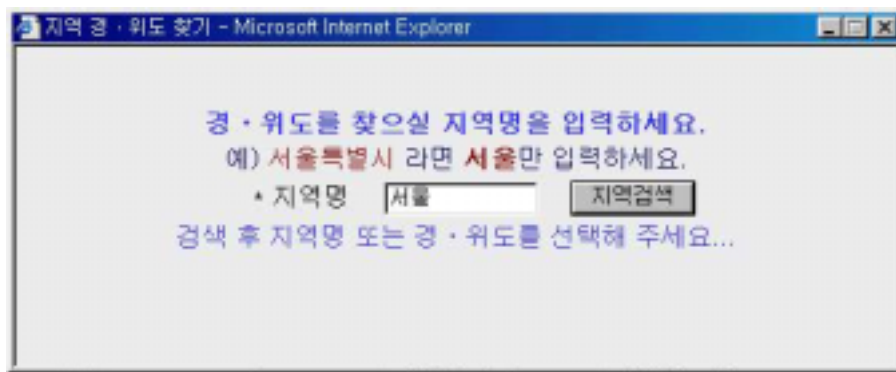


그림 4.1.8 특정 도시 위치 정보 검색

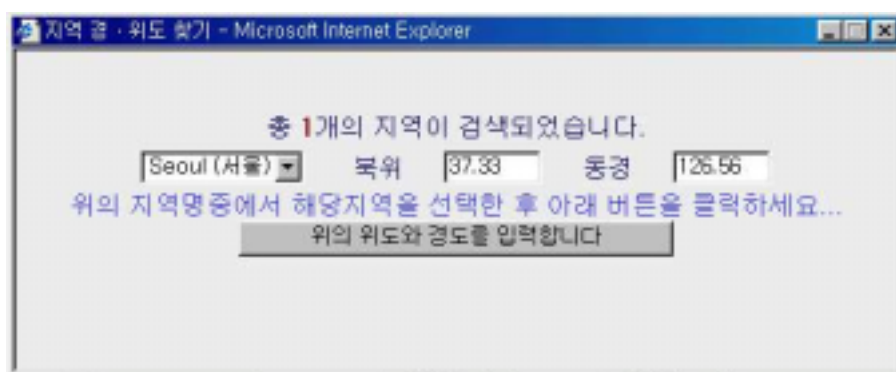


그림 4.1.9 그림 4.1.8의 특정 도시 위치 정보 검색 결과

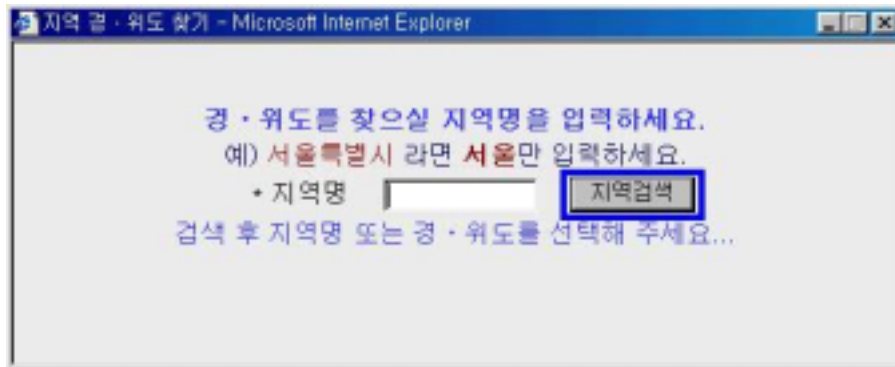


그림 4.1.10 지역 검색 버튼 실행

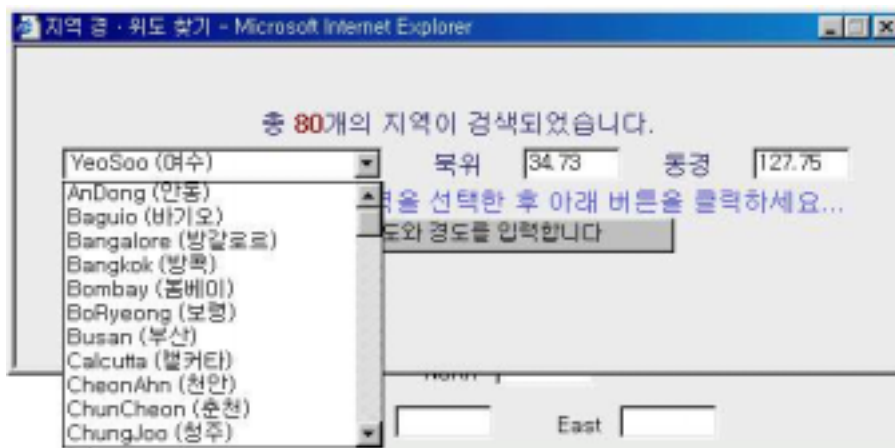


그림 4.1.11 지역 검색 버튼 실행 결과

그림 4.1.9의 [위의 위도와 경도를 입력합니다] 버튼을 클릭하면 검색된 위치 정보가 입력된다. 또한 송신지와 같은 방법으로 수신지의 위치 정보를 검색하여 입력 버튼을 클릭하면 그림 4.1.12처럼 예보시스템의 기본화면에 송신지와 수신지의 위치 정보 값이 입력된다.

예보년(Year)	2002	월(Month)	10	일(Day)	13	시(Hour)	19
지수(Index)	22	T	T-index Estimator				
송신지(Tx)	서울	북위(Lat)	37.33	동경(Long)	126.56	찾기	
수신지(Rx)	대전	북위(Lat)	36.32	동경(Long)	127.42	찾기	
경로(Path)	선택						
주파수 대역(Frequency Set)	사용자입력						
주파수(Frequency)							MHz
장비 구성(Station Configuration)	선택						
도움말		결과		취소			

그림 4.1.12 예보시스템의 기본화면 송신지와 수신지의 위치 정보 출력

이 때 송수신지의 입력범위는 경도는  $-180 \sim 180$ , 위도는  $-90 \sim 90$ 이다. 제한범위를 벗어나면 경고메세지가 출력된다.

#### 바. 경로

경로는 Short와 Long을 선택할 수 있는데 예보범위(거리)가 작으면 Short, 크면 Long을 선택하면 된다.

#### 사. 주파수 대역

송수신지의 위치 정보가 입력 완료되면 사용할 주파수 대역을 선택한다. 그림 4.1.9에서와 같이 사용자가 많이 사용하고 편리하게 입력할 수 있도록 햄 아마추어 무선(amateur), 선박통신(beacon), 방송(broadcast), 위성 위치 수신(maritime)의 기본 주파수 세트와 사용자가 임의대로 입

력할 수 있도록 [사용자입력] 선택 메뉴로 구성되어 있다.

The screenshot shows a software window with various input fields. The '경로(Path)' dropdown menu is open, displaying '선택' (Select) as the selected option. Other visible fields include '예보년(Year)' set to 2002, '월(Month)' to 10, '일(Day)' to 13, '시(Hour)' to 19, '지수(Index)' to 22, '송신지(Tx)' as 서울, '수신지(Rx)' as 대전, and '주파수 대역(Frequency Set)' as 사용자입력. Buttons for '도움말', '결과', and '취소' are at the bottom.

그림 4.1.13 경로 선택

The screenshot shows the same software window. The '주파수 대역(Frequency Set)' dropdown menu is open, displaying '햄 아마추어 무선(amateur)' as the selected option. The '주파수(Frequency)' field now contains the values '3,7,10,14,21,28'. Other fields remain the same as in the previous screenshot.

그림 4.1.14 주파수 대역 선택 결과(햄 아마추어 무선(amateur))

사용자가 직접 입력할 때에는 주파수 대역 선택폼 아래의 주파수 선택폼에 입력하면 된다. 사용자가 입력하는 경우 주파수세트의 수는 1~20의 범위 내에서 입력해야 한다. 역시 제한 범위를 벗어나면 경고메세지가 출력된다.

#### 아. 장비구성

장비 구성 입력폼에서는 기본적으로 Default1, Default2의 장비 구성이 제공되고 여기서도 사용자가 직접 장비구성을 입력할 수 있다. 그림 4.1.15는 기본적으로 제공되는 장비 구성 Default1을 선택했을 때의 구성 내용이다.

The image shows a window titled "Station Configuration - Default - Micro...". Inside, there's a section titled "Station Configuration" with a tree icon on the left and a list of settings on the right. The settings are as follows:

장비 구성 (Station Configuration)	Default1
송신 출력(Tx Power)	1000W
송신 안테나(Tx Antenna)	ISOTROPIC
수신 안테나(Rx Antenna)	ISOTROPIC
수신지 인공 잡음 (Manmade Noise)	-164 (Remote) [dBW/Hz]
대역폭(Bandwidth)	3000[Hz]
신호 대 잡음(Required S/N @ Bandwidth Hz)	0[dB]
최저 송신 각도 (Min. Takeoff Angle)	2
일일 전파 유지율 (Required % Days)	90

At the bottom right of the list, there is a button labeled "확인" (OK).

그림 4.1.15 장비구성 default1의 구성 내용

예보년(Year) 2002 월(Month) 10 일(Day) 13 시(Hour) 19  
 지수(Index) 22 T T-Index Estimator  
 송신지(Tx) 서울 북위(Lat) 37.33 동경(Long) 126.56 찾기  
 수신지(Rx) 대전 북위(Lat) 36.32 동경(Long) 127.42 찾기  
 경로(Path) Short  
 주파수 대역(Frequency Set) 사용자입력  
 주파수(Frequency) 3,7,10,14,21,28 MHz  
 장비 구성(Station Configuration) 사용자 입력  
 송신 출력(Tx Power) 1000 W  
 송신 안테나(Tx Antenna) ISOTROPIC  
 수신 안테나(Rx Antenna) ISOTROPIC  
 수신지 인공 잡음(Manmade Noise) -164 (Remote) [dBW/Hz]  
 대역폭(Bandwidth) 3000 [Hz]  
 신호 대 잡음(Required S/N @ Bandwidth Hz) 0 [dB]  
 최저 송신 각도(Min. Takeoff Angle) 2  
 일일 전파 유지율(Required % Days) 90  
 도움말 결과 취소

그림 4.1.16 장비 구성의 사용자 입력 창

장비구성을 사용자가 직접 입력할 경우에는 그림 4.1.16에서와 같은 선택 창의 하단부의 송신 출력, 송신 안테나, 수신 안테나, 수신지 인공 잡음, 대역폭, 신호 대 잡음, 최저 송신 각도 및 일일 전파 유지율을 입력하고 결과 버튼을 누르면 된다. 이 때 사용자 입력 값을 취소하고 싶을 때에는 취소 버튼을 누르면 장비구성만 다시 리셋되어 Default1값이 재출력 된다.

예보시스템에 필요한 주요 인자 값을 입력 완료한 후 입력 값이 잘못된 경우에는 취소 버튼을 눌러 처음부터 다시 재입력하면 되고, 모든 것이 입력 완료되면 결과 버튼을 누르면 예보시스템의 프로그램이 실행되어 원하는 예보 값을 얻을 수 있다. 단, 예보시각, 지수, 송수신지, 경로, 주파수 대역, 장비 구성의 자료가 모두 입력된 후에만 프로그램이 실행되며 자료 값이 누락되거나 입력 범위에서 벗어나면 그림 4.1.17, 그림 4.1.18, 그림 4.1.19와 같은 경고 메시지가 출력된다.

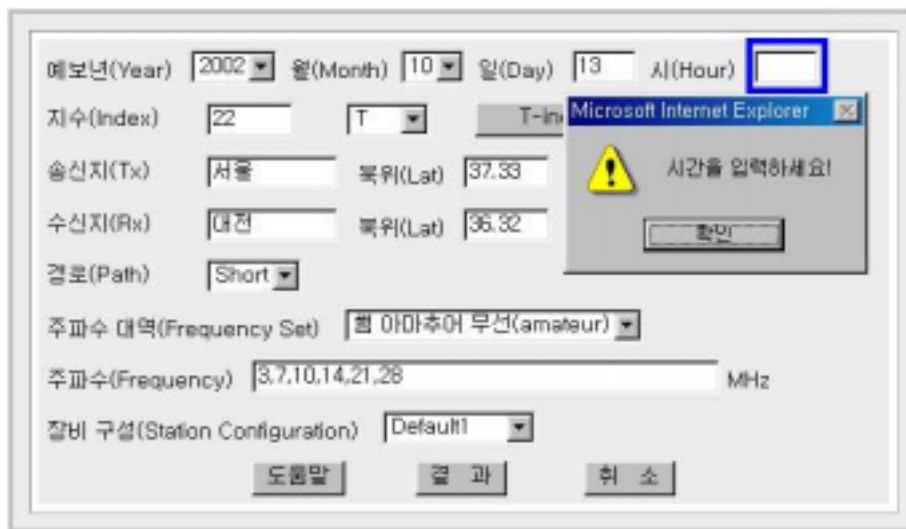


그림 4.1.17 주요 인자 값 누락되었을 때 경고 메시지



그림 4.1.18 주요 인자 값의 입력 범위가 초과되었을 때의 경고메세지

자. 점대점 전파예보 결과 화면

예보에 필요한 모든 인자 값을 입력하고 결과 버튼을 누르면 그림 4.1.20, 4.1.21, 4.1.22와 같은 HP Frequency Predictions, Frequency Plan Predictions와 Best Usable Frequency Predictions 예보 결과가 출력된다.



예보년(Year)  월(Month)  일(Day)  시(Hour)   
 지수(Index)     
 송신지(Tx)  북위(Lat)  동경(Long)    
 수신지(Rx)  북위(Lat)  동경(Long)    
 경로(Path)   
 주파수 대역(Frequency Set)   
 주파수(Frequency)  MHz  
 장비 구성(Station Configuration)   
 송신 출력(Tx Power)  W   
 송신 안테나(Tx Antenna)   
 수신 안테나(Rx Antenna)   
 수신지 인공 잡음(Manmade Noise)  [dBW/Hz]  
 대역폭(Bandwidth)  [Hz]  
 신호 대 잡음(Required S/N @ Bandwidth Hz)  [dB]  
 최저 송신 각도(Min. Takeoff Angle)   
 일일 전파 유지율(Required % Days)

Microsoft Internet Explorer


 송신 출력을 입력하세요!

그림 4.1.19 장비구성 사용자 입력시 인자값 누락되었을 때 경고 메시지

=====							
HF Frequency Predictions							
=====							
Date(YYYY MM DD, KST): 2001 10 27 T-index: 151							
Tx: TongYeong 34.85 128.43							
Rx: UlaanBaatar 47.90 106.87							
Path: short Distance: 2297 km Bearings: 316 121							
=====							
First Mode: 1F 4-12 1E 90--90				Second Mode: 2F 16-29 2E 6-10			
KST	MUF	OWF	EMUF	MUF	OWF	EMUF	KST
00	14.4	11.5	0.0	9.5	7.0	2.2	00
01	13.8	11.0	0.0	9.1	6.8	2.2	01
02	13.4	10.6	0.0	9.0	6.7	2.2	02
03	13.2	10.6	0.0	8.8	6.8	2.2	03
04	12.9	10.6	0.0	8.6	7.0	2.2	04
05	12.6	10.4	0.0	8.2	6.9	2.2	05
06	12.3	10.2	0.0	8.5	6.7	2.2	06
07	14.7	11.0	0.0	9.0	6.5	2.2	07
08	24.6	17.1	0.0	12.6	8.2	0.0	08
09	31.6	22.0	0.0	18.5	12.0	8.5	09
10	35.3	24.7	0.0	22.0	14.2	11.0	10
11	35.5	25.9	0.0	22.4	15.5	12.3	11
12	35.2	27.1	0.0	22.0	16.3	13.1	12
13	34.9	26.9	0.0	22.0	16.0	13.4	13
14	34.2	26.4	0.0	21.8	15.6	13.4	14
15	33.6	26.6	0.0	21.4	15.5	13.0	15
16	33.3	27.0	0.0	20.9	15.4	12.0	16
17	31.6	25.6	0.0	20.0	14.8	10.0	17
18	30.0	24.4	0.0	19.0	14.3	0.0	18
19	26.6	22.4	0.0	16.7	13.0	2.2	19
20	22.9	20.0	0.0	14.3	11.5	2.2	20
21	19.6	17.1	0.0	12.4	9.9	2.2	21
22	17.3	15.1	0.0	11.7	8.5	2.2	22
23	15.4	12.7	0.0	10.3	7.5	2.2	23
=====							

그림 4.1.20 HP Frequency Predictions 결과 화면

## Frequency Plan predictions

### Frequency Plan Predictions

Date(YYYY MM DD, KST): 2002 10 26 T-index: 113  
Tx: Seoul 37.33 126.56  
Rx: DaeJeon 36.32 127.42  
Path: short Distance: 136 km Bearings: 145 326  
Selected frequency set (MHz): 3 7 10 14 21 28

Probability > 99 TakeOff Angle: 73 - 76

Time(KST)	Frequency(MHz)	Mode
0000 - 0900	7	1F
0900 - 2300	3	1F
2300 - 2400	3	1F

☆ [HP Frequency Predictions](#) ☆ [Best Usable Frequency Predictions](#)

그림 4.1.21 Frequency Plan Predictions 결과 화면

## Best Usable Frequency Predictions

### Best Usable Frequency Predictions

Date(YYYY MM DD, KST): 2002 10 26 T-index: 113  
 Tx: Seoul 37.33 126.56  
 Rx: DaeJeon 36.32 127.42  
 Path: short Distance: 136 km Bearings: 145 326  
 Selected frequency set (MHz): 3 7 10 14 21 28

KST	Mode	BUF	Prob	MUF	OWF	TOA	
00	1F	7	99	9	8	74	
01	1F	7	99	11	9	74	
02	1F	7	99	11	10	74	
03	1F	7	99	11	10	74	
04	1F	7	99	11	9	75	
05	1F	7	99	10	9	75	
06	1F	7	99	10	9	74	
07	1F	7	99	9	8	74	
08	1F	7	99	9	7	74	
09	1F	3	99	8	7	73	
10	1F	3	99	7	5	73	
11	1F	3	99	6	5	73	
12	1F	3	99	5	4	74	
13	1F	3	99	5	4	75	
14	1F	3	99	4	4	76	
15	1F	3	99	4	3	76	
16	1F	3	99	4	3	76	
17	1F	3	99	4	3	76	
18	1F	3	99	4	3	76	
19	1F	3	99	4	3	76	
20	1F	3	99	3	3	75	
21	1F	3	99	3	3	76	
22	1F	3	99	4	3	74	
23	F	3	99	7	6	74	

☆ HP Frequency Predictions

☆ Frequency Plan predictions

그림 4.1.22 Best Usable Frequency Predictions 결과 화면

### 3. 점대지역 전파예보(point-to-area prediction)

#### ♣ 점대지역 전파예보(point-to-area prediction) ♣

© T-index 설명 : 태양활동효과를 나타내는 전리층 지수(범위 : -50 ~ 200)  
 위의 T-index값은 북반구(Northern Hemisphere)에서 한달 동안 평균한 값.  
 \* = 변경할 수 있는 값  
 ^ = 호주 IPS에서 예측한 값  
 T-index Estimator를 이용하여 전리층 FoF2 임계주파수 값으로부터 추정 가능

그림 4.1.23 point-to-area 예보시스템 기본 화면

가. 예보시각, 지수, 송신지, 경로, 주파수 대역, 장비구성 입력은 점대점 전파예보와 동일하다.

나. Side limits(수신 범위)

송신지 입력처럼 입력제한 범위는 경도는 -180~180, 위도는 -90~90으로 수신범위의 경계 값을 입력하면 된다. North와 South는 위도 값을, West와 East는 경도 값을 입력하면 된다.

예보년(Year) [2002] 월(Month) [10] 일(Day) [13] 시(Hour) [20]  
지수(Index) [43] [T] T-Index Estimator  
Base(Tx) [서울] 북위(Lat) [37.33] 동경(Long) [126.56] [찾기]  
North [30]  
Side limits(\*) West [100] East [120]  
South [50]  
Prediction Grid # of Rows [3] # of Columns [3]  
경로(Path) [Short]  
주파수 대역(Frequency Set) [햄 아마추어 무선(amateur)]  
주파수(Frequency) [3.7,10,14,21,28] MHz  
장비 구성(Station Configuration) [Default1]  
[도움말] [결과] [취소]

그림 4.1.24 주요 인자 값 입력의 예

다. Prediction grid

grid의 개수를 결정할 때 row, column 수는 2~19의 범위값을 입력해야 하며 범위를 벗어났을 때에는 그림 4.1.22처럼 경고 메시지가 출력된다.

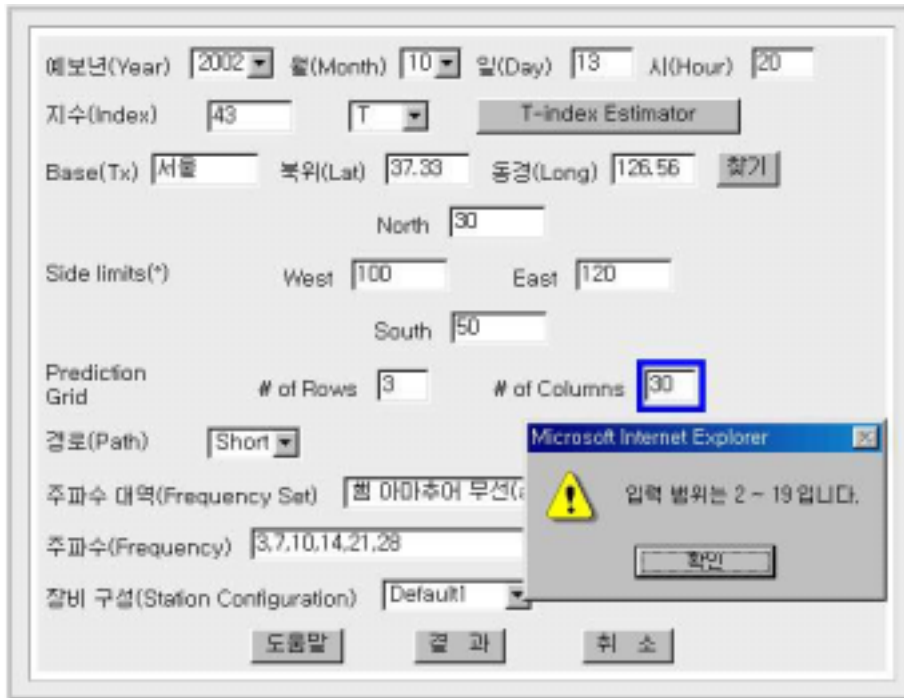


그림 4.1.25 Prediction grid입력시 입력 범위 초과 경고창

라. 점대지역 전파예보 결과 화면

예보에 필요한 모든 인자 값을 입력하고 결과 버튼을 누르면 그림 4.1.26의 텍스트 출력 결과와 그림 4.1.27과 같은 예보 영상이 예보시간을 기준으로 하여 24시간 동안의 그림 파일이 생성되어 출력되면 선택하여 확인할 수 있다.





#### 4. 전리층 관측 데이터

##### 가. foF2 research

(1) 1999년부터 2002년까지 매 1시간마다 전파연구소에서 관측한 foF2 자료값(서울 기준)을 검색할 수 있으며 앞으로 계속 업데이트될 예정이다.

foF2 Search

[2002] 년 [10] 월 [12] 일 [19] 시 - [2002] 년 [10] 월 [13] 일 [19] 시    찾기    저장

년	월	일	시	foF2	foF1	foE	h <sub>p</sub> F2	foEs	h <sub>min</sub>	MUF	M3000
2002	10	12	20	5.35	999.9	999.9	5	999.9	1.8	13.596	2.585
2002	10	12	21	5.05	999.9	999.9	5.8	999.9	1.8	14.685	2.937
2002	10	12	22	7.65	999.9	999.9	8.4	999.9	2.6	25.051	3.298
2002	10	12	23	8.95	999.9	2.42	10.7	2.4	1.9	32.854	3.322
2002	10	13	0	11.55	999.9	3.02	12.2	3	2.2	34.093	2.965
2002	10	13	1	12.65	999.9	3.52	13.4	3.5	2.6	40.086	3.181
2002	10	13	2	13.125	999.9	3.52	13.9	3.5	3.3	39.729	3.033
2002	10	13	3	13.225	999.9	999.9	14	999.9	4.1	39.736	3.01
2002	10	13	4	12.75	999.9	999.9	13.5	999.9	4.1	37.525	2.995
2002	10	13	5	12.45	999.9	999.9	13.1	999.9	3.8	35.343	2.85
2002	10	13	6	12.225	999.9	3.52	13	3.5	3.3	35.7	2.935
2002	10	13	7	11.65	999.9	2.92	12.4	2.9	2.6	35.128	3.028
2002	10	13	8	11.25	999.9	2.42	11.9	3.7	2	34.043	3.04
2002	10	13	9	10.425	999.9	999.9	11.2	2.3	1.8	32.585	3.133
2002	10	13	10	8.65	999.9	999.9	9.4	2.7	1.8	27.029	3.143
2002	10	13	11	7.85	999.9	999.9	8.7	999.9	1.9	23.077	2.959
2002	10	13	12	7.65	999.9	999.9	8.3	999.9	1.8	22.254	2.928
2002	10	13	13	6.35	999.9	999.9	7	999.9	1.9	18.737	2.974
2002	10	13	14	5.15	999.9	999.9	5.8	999.9	1.6	15.987	2.785
2002	10	13	15	5.65	999.9	999.9	6.2	999.9	2	15.507	2.819
2002	10	13	17	5.25	999.9	999.9	5.9	2.2	1.6	13.04	2.508
2002	10	13	18	5.25	999.9	999.9	6	999.9	3.5	14.256	2.749
2002	10	13	19	5.15	999.9	999.9	5.9	2.4	1.6	13.481	2.643

(KST 시간 기준)

년 : year

월 : month

일 : day

시 : hour

999.9 : 값이 없음

foF2 : F2층의 임계주파수

foF1 : F1층의 임계주파수

foE : E층의 임계주파수

foEs : Es(스포라딕E층)층의 임계주파수

h<sub>min</sub> : 최저사용주파수

MUF : 최고사용주파수

그림 4.1.28 foF2 search의 자료 기본 출력 결과

(2) 기본값으로 현재시각을 기준으로 한 1일 동안의 자료값이 그림 4.1.28처럼 보여 진다. 자료에 대한 설명은 하단부의 주석을 참조하면 된다. 이때 자료 테이블에 999.9로 출력되는 값은 관측자료값이 없는 경우임을 의미한다.

(3) foF2값이 제공되지 않는 1999년 전의 경우에는 사용자 전파예보서비스의 메뉴의 일본관측데이터 링크를 검색하여 이용할 수 있다.

(4) 검색 구간을 선택한 후에 찾기 버튼을 누르면 검색 구간 동안의 자료값이 브라우저에 출력되고, 그림 4.1.29, 그림 4.1.30처럼 저장 버튼을 누르면 텍스트 형식으로 다운로드할 수 있다.

(5) 최대한으로 검색 가능한 구간은 한 달로 설정되어 있어 검색구간이 30일 이상으로 설정된 경우에는 그림 4.1.31과 같은 경고창이 보인다.

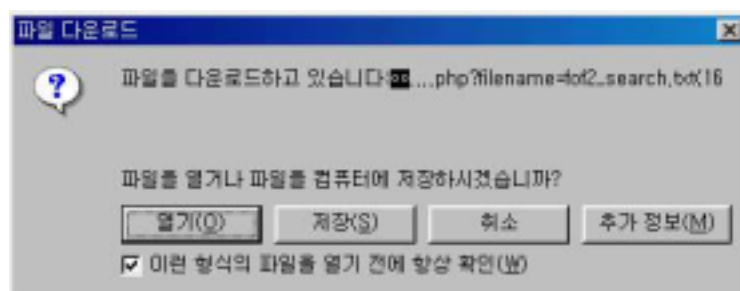


그림 4.1.29 foF2 자료 다운로드 진행

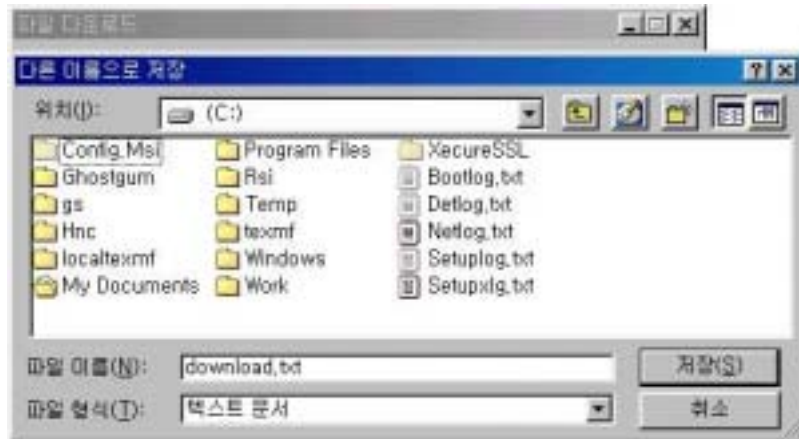


그림 4.1.30 foF2 자료 텍스트 파일로 저장

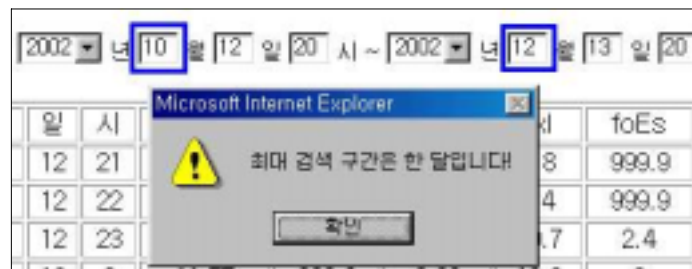


그림 4.1.31 검색 구간 입력 초과 경고창

#### 나. T-index

T-index는 태양활동효과를 나타내는 전리층 지수(범위 : -50 ~ 200)로서, 제공되는 T-index값은 북반구(Northern Hemisphere)에서 한달 동안 평균한 값이다.

표 4.1.1 예보 시스템 주요 인자값 입력 범위

항목	인자	입력 범위 (단위 제외)	비고
지수	T-index	-50 ~ 200	공통
T-index Estimator	foF2	< 50	
송수신지	위도	-90(S) ~ 90(N)	
	경도	-180(W) ~ 180(E)	
주파수 대역	세트수	1 ~ 20	
장비 구성	송신 출력	사용자(> 0)	
	대역폭	사용자(> 0)	
	신호 대 잡음	-90 ~ 300	
	최저 송신 각도	2 ~ 89	
	일일 전파 유지율	1 ~ 99	
Prediction grid	Rows	2 ~ 19	point-to-area
	Columns	2 ~ 19	
foF2 Research	검색기간	30일	foF2 Research

## 제 2 절 사용자 중심의 예보 서비스 제안

사용자 중심의 전파통신교란예보 서비스를 제공하기 위한 기초 작업으로서 본 연구에서 개발된 전파전달예보 프로그램 외에 사용자들에게 유용할 예보서비스 내용을 제시하고자 한다. ASAPPS를 이용할 경우 제공하게 될 정보들은 크게 point-to-area 예보, point-to-point 예보, 및 Transmitter powers와 안테나 gain 패턴으로 나눌 수 있다.

### 1. Point to Area Field Strength Prediction

가. Best Usable Frequency contour maps

2차원 지도상에 Best Usable Frequency(BUF)를 표시함으로써 최적 사용주파수를 쉽게 알아볼 수 있도록 할 수 있다. BUF contour map은 본 연구과제에서 점대지역 예보프로그램으로써 개발하였다. 그 외에 아래 나열된 S/N contour maps이나 Probability contour map 등도 매우 유용할 것으로 생각된다(그림 4.2.1).

나. Signal/Noise contour maps

다. Noise contour maps

라. Probability contour maps

마. Take-off angle contour maps

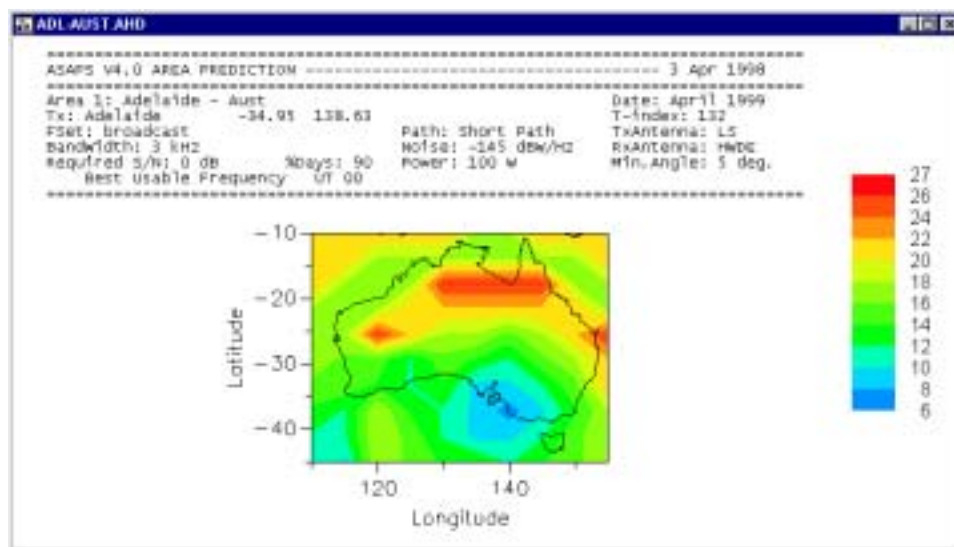


그림 4.2.1 Best Usable Frequency 등고선 지도.

## 2. Point to Point HF Propagation and Field Strength Prediction

### 가. GRAFEX tables

GRAFEX 예보는 전리층 E 층과 F 층을 통한 처음 두 전달 모드를 조사한다. 앞에서 언급되었듯이 GRAFEX는 각각의 시간(UT)과 모드에 대해 다음의 항목들을 예보한다.

- Optimum Working Frequency(OWF)
- Absorption Limiting Frequency (ALF)
- Median MUF
- E-layer MUF
- Elevation Angles

### 나. GRAFEX graph

두 지점간의 시간에 따른 GRAFEX 그래프를 제공한다(그림 4.2.2).

### 다. Frequency plan

주파수 계획 예측은 주파수의 일정을 알기 쉽게 표시해 준다(그림 4.2.3). 전리층에 의해 적어도 90% 또는 50-90%가 전달될 수 있는 주파수의 일정을 시간에 따라 표시해준다. 예보는 E 층과 F 층에 대해 처음 두 모드를 고려하고, 대응되는 take-off angle을 보여준다. 본 연구 과제에서 개발된 점대점 전파예보프로그램에서는 주파수 계획 예측 결과를 text로 출력하도록 하였다.

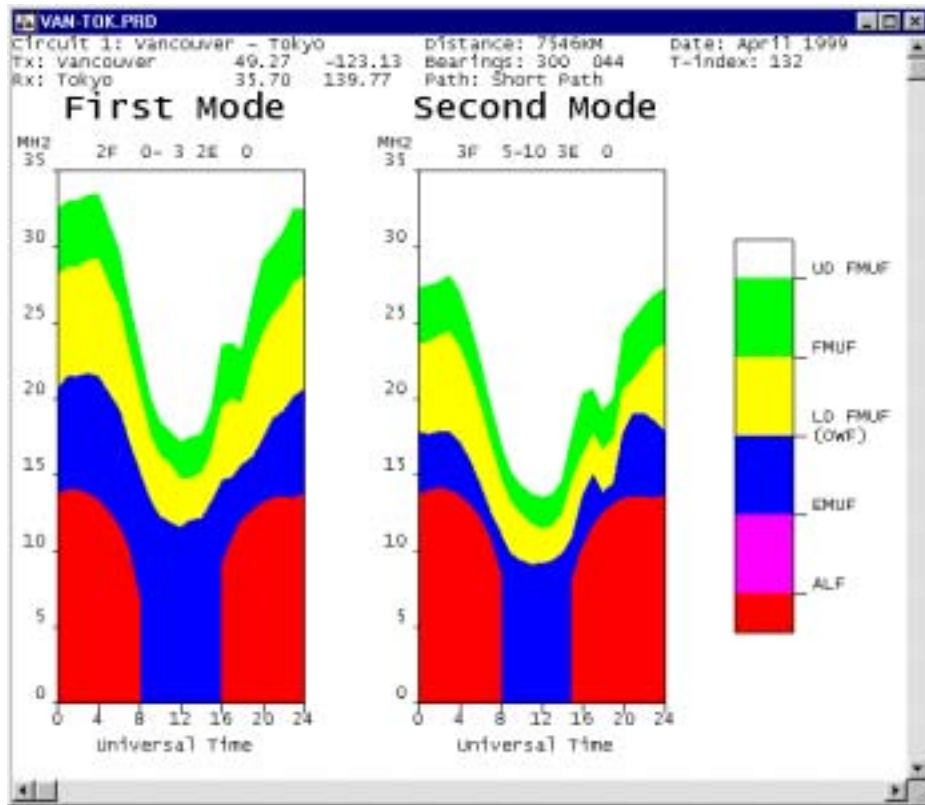


그림 4.2.2 두 지점간의 시간에 따른 GRAFEX 그래프.

#### 라. Best Usable Frequency graph

두 지점간의 Best Usable Frequency(BUF) 그래프는 각각의 시간에 대해 계산된다(그림 4.2.4).

#### 마. Field strength output tables

아래의 변수들은 계산될 수 있고, 값들은 MUF, OWF와 각각의 주파수를 위해 결정된다(그림 4.2.5).

- All Noise

- Estimated Power Required
- Field Strength
- Gains
- Reflection Heights
- Losses
- Noise\_Pathloss
- Probability
- Signal-to-Noise
- Take-off Angle

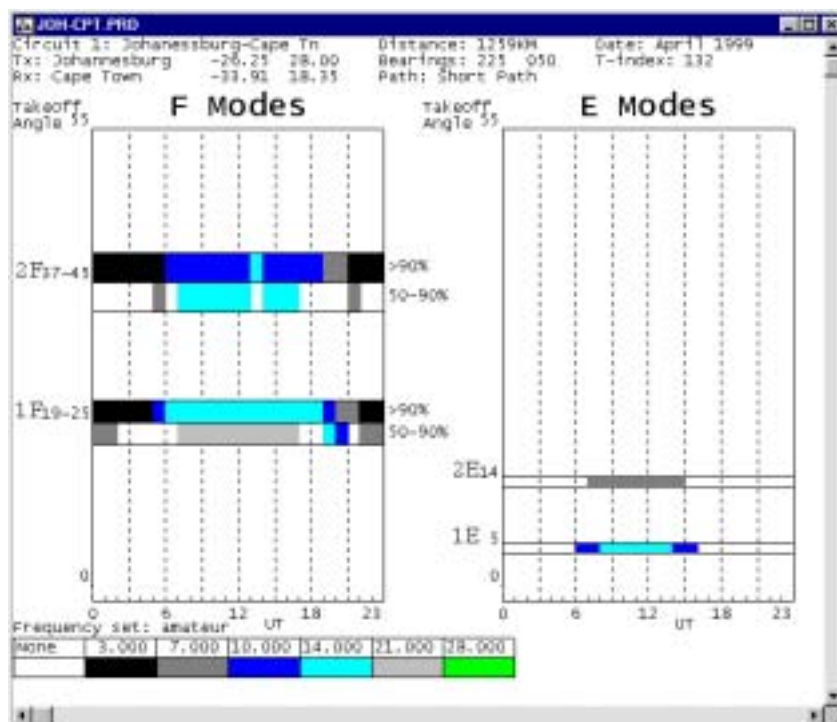


그림 4.2.3 Frequency plan.



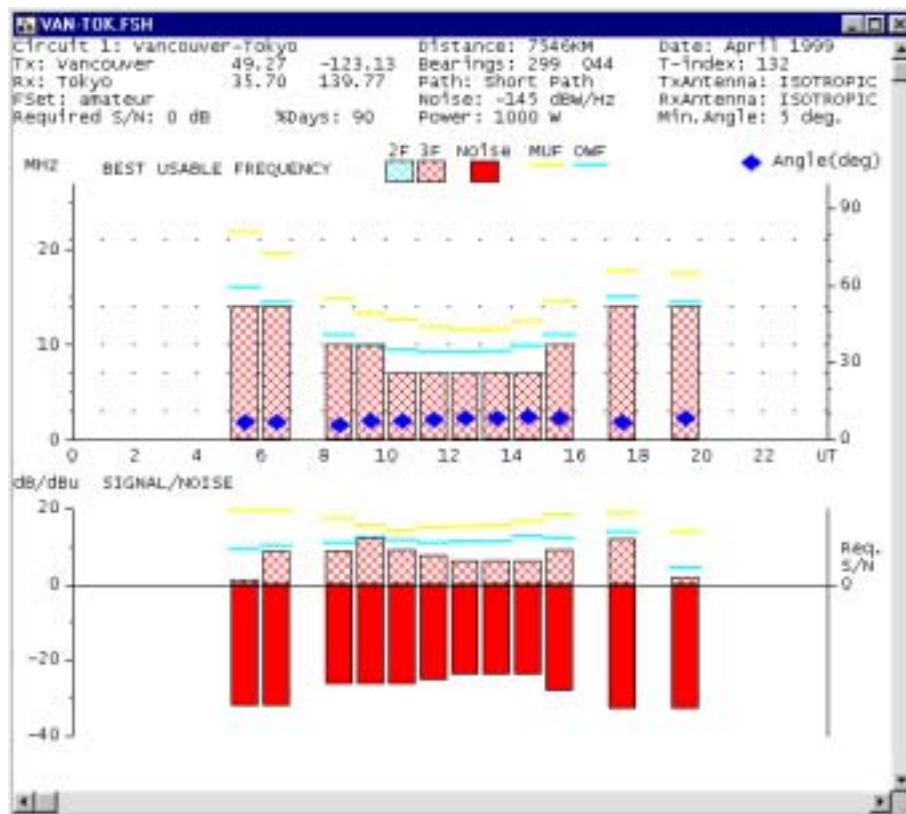


그림 4.2.4 두 지점간의 Best Usable Frequency(BUF) 그래프.

VAN TOK.FSH.2

ASAPS V4.0 FIELD STRENGTH TABLE ----- 17 Apr 1998

Circuit 1: Vancouver-Tokyo

Tx: Vancouver 49.27 -123.13

Rx: Tokyo 35.70 139.77

FSet: amateur

Mode: 2F

Distance: 7546KM

Bearings: 299 044

Path: short path

Noise: -145 dBW/Hz

Power: 1000 W

Date: April 1999

T-index: 132

TxAntenna: ISOTROPIC

RxAntenna: ISOTROPIC

Bandwidth: 3 kHz

SIGNAL/NOISE

UT	MUF	OMF	MUF	OMF	3.0	7.0	10.0	14.0	21.0	28.0
00	28.1	20.7	24	14	..	..	..	..	14	24
01	28.7	21.5	25	16	..	..	..	-22	15	25
02	28.7	21.5	25	18	..	..	..	-17	17	25
03	29.1	21.7	27	20	..	..	..	-10	19	26
04	29.2	21.5	28	22	..	..	..	-2	21	27
05	27.7	20.5	28	24	..	..	..	8	24	29
06	26.0	19.2	29	25	..	..	..	15	26	29
07	23.1	17.2	29	25	..	..	..	19	28	..
08	20.3	15.1	29	24	..	6	16	22	29	..
09	17.7	13.4	27	22	-3	14	18	22	..	..
10	16.2	12.3	25	20	-3	14	18	22	..	..
11	15.7	11.9	26	21	-5	13	18	24	..	..
12	14.8	11.6	25	22	-8	12	19	25	..	..
13	14.8	12.0	25	22	-8	12	19	24	..	..
14	15.1	12.1	25	22	-8	12	19	25	..	..
15	16.4	13.2	27	24	-10	12	20	25	..	..
16	19.5	14.7	27	23	..	..	7	21	28	..
17	20.0	14.9	26	19	..	..	..	17	26	..
18	19.7	15.7	23	17	..	..	..	11	25	..
19	22.5	16.2	24	15	..	..	..	6	23	..
20	24.2	17.3	24	14	..	..	..	-2	21	27
21	25.5	18.7	24	14	..	..	..	-10	18	26
22	26.3	19.2	24	12	..	..	..	-18	16	25
23	27.6	20.1	24	13	..	..	..	-22	15	24

그림 4.2.5 Field Strength table.

### 3. Transmitter Powers and Antenna Gain Patterns

#### 가. Antenna Gain Patterns



그림 4.2.6 Antenna Gain Patterns.

## 제 5 장 전파전달예보 프로그램의 활용

### 1. 전파전달예보 프로그램의 활용

개발된 전파전달예측모델을 인터넷에서 구현함으로써 전파통신 교란에 대한 보다 적극적인 서비스가 가능해졌다. 또한 개발된 전파전달예측모델은 향후 개발될 보다 종합적인 우주전파환경 예보 시스템의 서브프로그램으로도 활용 가능하다. 그 외에 전파연구소의 관측 자료를 적극적으로 활용할 수 있게 되었다.

### 2. 학술 발표 및 저널 발표

본 연구 결과를 국내 학술지에 게재할 예정이다.

- 전리층 변화에 의한 전파전달예측모델 개발에 관한 연구, 한국우주과학회지

## 제 6 장 결 론

단파대(주파수: 2300-26,100 kHz; 파장: 11-130 m)를 이용한 전파통신은 아마추어, 항공이동, 선박 통신 및 긴급구조를 위한 비상통신 등 매우 광범위하게 사용되고 있다. 이러한 단파 통신은 전리층의 상태에 민감하게 반응하게 된다. 이러한 이유로 단파통신 예보에 대한 수요가 급증하고 있으며, 또한 단파통신뿐만 아니라 국내 위성통신의 안정된 운용을 위해서도 전리층 변화에 따른 전파전달모델의 개발이 시급한 실정이다. 이러한 필요에 의해 태양활동 등의 우주환경 변화에 따른 전리층 변화 현상을 연구하고, 전리층에서의 전파전달예측모델을 개발하기 위해 본 연구를 수행하였다. 또한 이 모델과 연계하여 전파통신 교란예보서비스 방안을 제시하였다.

제 2 장에서는 태양활동 변화에 따른 전리층 변화 연구의 일환으로 단파통신과 우주환경변화 효과를 연구하였다. 그 결과는 다음과 같다. (1) 태양 프로톤현상에 의한 저고도 전리층(D, E 층)에서의 전자밀도 증가는 단파통신 두절을 일으킨다. 이를 Polar Cap 흡수 현상(PCA)이라 한다. (2) 태양플레어 발생에 의한 지구 낮 지역 전체에 걸친 D, E층의 급격한 전자밀도 증가로 인한 단파의 흡수는 전파통신에 장애를 일으킨다. 이를 Short Wave Fadeout(SWF)이라 한다. (3) 전리층 폭풍 동안의 전자 밀도 감소는 전파통신 장애의 주원인이 된다. 또한 (4) 지상-위성간의 통신에 사용되는 고주파에서 나타나는 scintillation은 주로 적도, 그리

고 남북극 지역에서 일어난다. (5) 전리층 E영역에서 형성되는 Sporadic E층의 발생에 의해 HF 통신장애와 VHF 통신 두절 등이 일어난다. 그리고 NASA의 NSSDC로부터 International Reference Ionosphere (IRI)와 전자밀도, 전자온도, 이온 drift, electric field 및 다양한 오로라 모델 등을 분석하였다.

다음으로 태양 전파폭발과 지자기 폭풍 발생시의 Ionogram 패턴을 분류하고 그에 따른 전리층 변화 특징을 살펴보았다. 그 결과, 태양전파폭발에 의해 전리층에 Sporadic E층이 생성되고, 때로는 보다 복잡한 구조가 생성될 수 있음을 확인하였다. 또한, 자기 폭풍의 주 전개기를 거치면서 전리층 전자밀도의 급격한 감소가 나타났으며, 회복기를 거치는 동안 다양한 전리층의 변화 패턴을 볼 수 있었다.

제 3 장에서는 전리층 모델을 이용한 전파전달모델로서 호주 RWC (Regional Warning Centers)인 IPS에서 개발한 ASAPS (Advanced Stand Alone Prediction System)를 분석하였다. 그리고 ASAPS의 한반도 전리층예의 적용 가능성을 타진하기 위해 ASAPS의 계산 결과와 실제 부산-목포간 HF 통신 상태를 비교하였다. 연구 결과, ASAPS에서 구한 최적주파수가 실제 사용 주파수와 잘 일치함을 확인하였다. 이러한 연구결과를 바탕으로 ASAPS의 GRAFEX 예보(point-to-point 전파예보)와 Area Prediction(point-to-area)을 이용하여 한반도 상공의 전파전달 예측모델을 개발하고, 이를 검증하였다. 또한 개발된 전파전달예측모델에 전파연구소에서 측정한 foF2 값을 적용함으로써 실시간 전파전달 예측이 가능하도록 하였다.

제 4 장에서는 전파통신 교란 예보 서비스를 제공하기 위해 개발된 전파전달예측모델과 연계하여 사용자 중심의 인터넷 기반 소프트웨어를 개발하였다.

본 연구 수행에서 개발된 점대점 전파예보 및 점대지역 전파예보 프로그램을 인터넷에서 구현함으로써 무선 통신의 안정된 운용을 위한 유용한 정보로서의 직접적인 활용이 가능해 졌다. 또한, 본 연구의 수행으로 전파연구소의 전리층 관측 자료를 적극적으로 활용할 수 있게 되었으며, 우주전파환경예보 서비스의 신뢰성이 증대될 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- Bilitza, D., L. H. Brace, and R. F. Theis, "Modeling of Ionospheric Temperature Profiles", *Adv. Space Res.*, 5, #7, 1985, pp. 53
- Danilov, A. D. and V. K. Semenov, "Relative Ion Composition Model at Mid-Latitudes", *J. Atmos. Terr. Phys.*, 40, 1978, pp. 1093
- Feldstein, Y. I., "On Morphology and Auroral and Magnetic Disturbances at High Latitudes", *Geomagn. Aeron.*, 3, 1963, pp. 138
- Foppiano, A. J. and P. A. Bradley, "Prediction of Auroral Absorption of High-Frequency Waves at Oblique Incidence", *Telecomm. J.*, 50, 1983, pp. 547
- Foppiano, A. J. and P. A. Bradley, "Day-to-Day Variability of Riometer Absorption", *J. Atmos. Terr. Phys.*, 46, 1984, pp. 689
- Holzworth, R. H., C.-I. Meng, "Mathematical Representation of the Auroral Oval", *Geophys. Res. Lett.*, 2, 1975, pp. 377
- Johnson, C. Y., "Ion and neutral composition of the ionosphere", *Annals of the IQSY.* 5, 1969, pp. 197
- Kamide, Y., Y. Ishihara, T. L. Killeen, J. D. Carven, L. A. Frank, and R. A. Heelis, "Combining Electric Field and



- Aurora Observations from DE 1 and 2 with Ground Magnetometer Records to Estimate Ionospheric Electromagnetic Quantities", *J. Geophys. Res.* 94, 1989, pp. 6723.
- Robinson, R. M., R. R. Vondrak, K. Miller, T. Dabbs, and D. Hardy, "On Calculating Ionospheric Conductances from the Flux and Energy of Precipitating Electrons", *J. Geophys. Res.*, 92, 1987, pp. 2566
- Senior, C., D. Fortaine, G. Claudal, D. Alcayde, and J. Fontanari, "Convection Electric Fields and Electrostatic Potential Observed with the EISCAT Facility", *Annales Geophysicae*, 8, 1990, pp. 257
- Torr, D. G. et al., "An Experimental and Theoretical Study of the Mean Diurnal Variation of  $O^+$ ,  $NO^+$ ,  $O_2^+$ ,  $N_2^+$  Ions in the Mid-Latitude F1-Layer of the Ionosphere", *J. Geophys. Res.*, 84, 1979, pp. 3360
- Rush, C. M., M. PoKempner, D. N. Anderson, J. Perry, F. G. Stewart, and R. Reasoner, "Maps of foF2 Derived from Observations and Theoretical Data", *Radio Sci.*, 19, 1984, pp. 1083
- Wild, J. P., S. F. Smerd, and A. A. Weiss, *ARA&A*, 1, 291, 1963

## 첨부 1. 전파전달예보 프로그램

### 1. 점대지역 전파예보: pred\_area.c

```
#include "ipscore.h"
#include "pstuff.h"
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <direct.h>

#define USER

#define PRINTOUT

void rantasc(char *ant, struct IPS_Ant_Pat *pat)
{
    FILE *af;
    int i,j;
    char str[200];

    strcat(ant, ".TXT");
    if((af=fopen(ant,"r"))==NULL)
    {
        fprintf(stderr,"could not open %s\n", ant);
    }

    fgets(str,200,af);
    fgets(str,200,af);
    fgets(str,200,af);
    fgets(str,200,af);
    fscanf(af,"%d%d",&(pat->Num_TOA),&(pat->Num_Freq));
    /* fprintf(out,"%d  %d\n", (pat->Num_TOA),(pat->Num_Freq)); */
}
```

```

/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af); */
for(i=0;i<pat->Num_TOA;i++)
    fscanf(af,"%d",&(pat->AnAng[i]));
/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af); */
for(i=0;i<pat->Num_Freq;i++)
{
    fscanf(af,"%u",&(pat->Freqs[i]));
    pat->Freqs[i]*=1000; /* to convert to kHz */
}
/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af); */
for(j=0;j<pat->Num_TOA;j++)
for(i=0;i<pat->Num_Freq;i++)
    fscanf(af,"%d",&(pat->Gain[i][j]));

fclose(af);
}

```

```

int main(void)
{
    FILE *out;

    char adir[20]={""};

#ifdef USER
    FILE *areaf;
    unsigned int KST_Year, leap_year, UT_Year[24];
    int KST_Month, KST_Day, KST_Hour;
    int UT_Month[24], UT_Day[24], UT_Hour[24];
    char *p, *q;
    char token[20][20]={""},tmp_Freq[150]={""};
    char *seps=",";
    int flag;

```

```

float tmp_token;
char tag[50]={""},file[70]={""};
#else
FILE *fof2f;
char FileName[100]={""};
char fof2dir[50]={""}, curdir[50]={""};
#endif

char buffer[150]={""};

char ants[2][20]="ISOTROPIC";
unsigned int Year;
char Index[4]={"T"}, Base[30]="Seoul";
char Path[10]="Short";
float North, South, West, East;
int Num_Lat, Num_Lng;

int i, j, k, m, n;
struct IPS_Circuit Cirdat;
struct IPS_BUF_Sys Buf_sys;
struct IPS_BUF_Dat Buf_dat;
struct IPS_PL_Hd pl_hd;
struct IPS_PL_Dat pl_dat[2];

/* NOTE:*****set pointers to NULL in IPS_PL_Dat struct */
for(j=0;j<2;j++){
pl_dat[j].layer2=NULL;
pl_dat[j].layer1=NULL;
}
pl_hd.Noise=NULL;

#ifdef USER
if((areaf=fopen("post_area.txt","r"))==NULL)
{
fprintf(stderr,"could not open post_area.txt\n");
}

```

```

return FALSE;
}

fscanf(areaf,"%u%d%d%d%d%d%s%s%f%f%f%f%f%f%d%d",
        &KST_Year,&KST_Month,&KST_Day,&KST_Hour,&Cirdat.T_index,
        Index,Base,&Cirdat.Tx.Lat,&Cirdat.Tx.Lng,&North,&West,
        &East,&South,&Num_Lat,&Num_Lng);
fscanf(areaf,"%s%s%u%s%s%d%u%d%d%d",
        Path,tmp_Freq,&Buf_sys.TxPow,ants[0],ants[1],
        &Buf_sys.RxNoise,&Buf_sys.BandW,&Buf_sys.ReqSN,
        &Buf_sys.MinTOA,&Buf_sys.Req_pcDays);
fscanf(areaf,"%s",tag);
fclose(areaf);

flag=0;
strcpy(buffer,tmp_Freq);
q=tmp_Freq;
while(flag<20) {
    p=strtok(buffer, seps);          /* Find token */
    strcpy(token[flag],p);
    q=strstr(q+1,seps);
    if(q==NULL) break;
    strcpy(buffer,q+1);
    flag++; }

Buf_sys.FSet.Num = flag + 1;
for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++) {
    tmp_token=(float)atof(token[i]);
    Buf_sys.FSet.Freqs[i]=(unsigned int)tmp_token*1000;    }          /*
        to    convert to kHz */
/* out=fopen("test.txt","w");
fprintf(out,"post_area\n");

fprintf(out,"%4u%3d%3d%3d%4d%5s%20s%8.2f%8.2f%8.2f%8.2f%8.2f%8.2f%3d%3d%
10s",
        KST_Year,KST_Month,KST_Day,KST_Hour,Cirdat.T_index,Index,Base,

```

```

Cirdat.Tx.Lat,Cirdat.Tx.Lng,North,West,East,South,Num_Lat,Num_Lng,Path);
for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++) fprintf(out,"%7u",Buf_sys.FSet.Freqs[i]);
fprintf(out,"%7u%15s%15s%6d%6d%5d%5d\n",
Buf_sys.TxPow,ants[0],ants[1],Buf_sys.RxNoise,Buf_sys.BandW,
Buf_sys.ReqSN,Buf_sys.MinTOA,Buf_sys.Req_pcDays); */
#else
Year=2002; /* in UT */
Cirdat.Month=1;
Cirdat.Day=1;
Cirdat.Hour=1;
Cirdat.T_index=100;
Cirdat.Tx.Lat=37.63; Cirdat.Tx.Lng=126.56;
South=30.; North=45.; West=120.; East=135.;
Num_Lat=15; Num_Lng=15;
Buf_sys.FSet.Num=6;
Buf_sys.FSet.Freqs[0]=3000; /* Amateur: in kHz */
Buf_sys.FSet.Freqs[1]=7000;
Buf_sys.FSet.Freqs[2]=10000;
Buf_sys.FSet.Freqs[3]=14000;
Buf_sys.FSet.Freqs[4]=21000;
Buf_sys.FSet.Freqs[5]=28000;
Buf_sys.TxPow=1000;
Buf_sys.RxNoise=-164;
Buf_sys.BandW=3000;
Buf_sys.ReqSN=0;
Buf_sys.MinTOA=2;
Buf_sys.Req_pcDays=90;
#endif

#ifdef USER
if(strcmp(ants[0],"ISOTROPIC")==0) Buf_sys.Tx.Num_Freq=0;
else { rantasc(ants[0],&(Buf_sys.Tx)); p=strtok(ants[0], "."); }
if(strcmp(ants[1],"ISOTROPIC")==0) Buf_sys.Rx.Num_Freq=0;
else { rantasc(ants[1],&(Buf_sys.Rx)); p=strtok(ants[1], "."); }
#else

```

```

/* set antenna pats to isotropic */
Buf_sys.Tx.Num_Freq=Buf_sys.Rx.Num_Freq=0;
#endif

#ifdef USER
    strcpy(file,"UserPredArea.txt");
    out=fopen(file,"w");
    fprintf(out,"%s\n",tag);
    fprintf(out,"Date(YYYY MM DD, KST)\n%u    %d
%d\n",KST_Year,KST_Month,KST_Day);
    fprintf(out,"BaseName\n");
    fprintf(out,"%s\n",Base);
    fprintf(out,"TxLat    TxLong\n");
    fprintf(out,"%8.2f    %8.2f\n",Cirdat.Tx.Lat,Cirdat.Tx.Lng);
    fprintf(out,"RxSouth    RxNorth    RxWest    RxEast\n");
    fprintf(out,"%8.2f    %8.2f    %8.2f    %8.2f \n",South,North,West,East);
    fprintf(out,"Num_Lat    Num_Long    T-index\n");
    fprintf(out,"%4d    %4d    %5d\n",Num_Lat,Num_Lng,Cirdat.T_index);
    fprintf(out,"MinTOA    TxPow    ReqSN    RxManNoi    BandW
Req%%Days\n");
    fprintf(out,"%d    %u    %d    %d    %d
%d\n",Buf_sys.MinTOA,Buf_sys.TxPow,Buf_sys.ReqSN,Buf_sys.RxNoise,Buf_sys.Ba
ndW,Buf_sys.Req_pcDays);
    fprintf(out,"#_of_Freq\n");
    fprintf(out,"%d\n",Buf_sys.FSet.Num);
    fprintf(out,"Frequencies(kHz)\n");
    for(i = 0; i < Buf_sys.FSet.Num; i++) fprintf(out,"
%d",Buf_sys.FSet.Freqs[i]);
    fprintf(out,"\n\n");
    /* fprintfANT(&(Buf_sys->Tx));
    fprintfANT(&(Buf_sys->Rx)); */
#else
    _ui64toa(Year,buffer,10);
    strcpy(FileName,&buffer[2]);
    _itoa(Cirdat.Month,buffer,10);
    if(strlen(buffer)==1) strcat(FileName,"0");

```

```

    strcat(FileName,buffer);
    _itoa(Cirdat.Day,buffer,10);
    if(strlen(buffer)==1) strcat(FileName,"0");
    strcat(FileName,buffer);
    _itoa(Cirdat.Hour,buffer,10);
    if(strlen(buffer)==1) strcat(FileName,"0");
    strcat(FileName,buffer);
    strcat(FileName,".BUF");
    printf("%s \n", FileName);
    out=fopen(FileName,"w");
#endif

/* KST --> UT      for 0 ~ 23 KST      */
#ifdef USER
for(i=0;i<24;i++) {
    UT_Hour[i]=i-9;
    if(UT_Hour[i]>=0) {
        UT_Year[i]=KST_Year;
        UT_Month[i]=KST_Month;
        UT_Day[i]=KST_Day;
    }
    else
    {
        UT_Hour[i]=UT_Hour[i]+24;
        UT_Day[i]=KST_Day-1;
        if(UT_Day[i]!=0){
            UT_Month[i]=KST_Month; UT_Year[i]=KST_Year; }
        else {
            UT_Month[i]=KST_Month-1;
            UT_Year[i]=KST_Year;
            if(UT_Month[i]==0){ UT_Year[i]=KST_Year-1;
            UT_Month[i]=12; UT_Day[i]=31; }
            else if(UT_Month[i]==2) {
                leap_year=UT_Year[i]%4;
                if(leap_year==0) UT_Day[i]=29;
            }
        }
    }
}

```



```

                                else                UT_Day[i]=28; }
                                e                l                s                e
if(UT_Month[i]==1||UT_Month[i]==3||UT_Month[i]==5||UT_Month[i]==7||UT_Month[i]
]==8||UT_Month[i]==10)  UT_Day[i]=31;
                                else  UT_Day[i]=30;
                                }
                                }
/*  printf("%4u%3d%3d%3d\n",UT_Year[i],UT_Month[i],UT_Day[i],UT_Hour[i]);  */
}
#endif

/* KST --> UT    for one KST    */
/*#ifdef USER
    Cirdat.Hour=KST_Hour-9;
    if(Cirdat.Hour>=0) {
        Year=KST_Year;
        Cirdat.Month=KST_Month;
        Cirdat.Day=KST_Day;
    }
    else
    {
        Cirdat.Hour=Cirdat.Hour+24;
        Cirdat.Day=KST_Day-1;
        if(Cirdat.Day!=0){
            Cirdat.Month=KST_Month; Year=KST_Year; }
        else {
            Cirdat.Month=KST_Month-1;
            Year=KST_Year;
            if(Cirdat.Month==0){ Year=KST_Year-1; Cirdat.Month=12;
                Cirdat.Day=31; }
            else if(Cirdat.Month==2) {
                leap_year=Year%4;
                if(leap_year==0)  Cirdat.Day=29;
                else                Cirdat.Day=28; }
                                e                l                s                e
if(Cirdat.Month==1||Cirdat.Month==3||Cirdat.Month==5||Cirdat.Month==7||Cirdat.Mont

```

```

h==8||Cirdat.Month==10) Cirdat.Day=31;
        else Cirdat.Day=30;
    }
}
printf("%4u%3d%3d%3d\n",Year,Cirdat.Month,Cirdat.Day,Cirdat.Hour);
#endif */

for(m=0;m<Num_Lng;m++) {
    Cirdat.Rx.Lng=(float)(West+(m+1/2.)*(East-West)/Num_Lng);
    /* Cirdat.Rx.Lng=(float)((West)+ (m+1/2.)*(East-West)/Num_Lng); */
for(n=0;n<Num_Lat;n++) {
    Cirdat.Rx.Lat=(float)(South+(n+1/2.)*(North-South)/Num_Lat);
    /* Cirdat.Rx.Lat=(float)(floor(South)+ (n+1/2.)*(North-South)/Num_Lat); */
    fprintf(out,"%7.2f%7.2f",Cirdat.Rx.Lng,Cirdat.Rx.Lat);

#ifdef USER
        for(k=0;k<24;k++) {
            Year=UT_Year[k];                Cirdat.Month=UT_Month[k];
Cirdat.Day=UT_Day[k]; Cirdat.Hour=UT_Hour[k];
        }
#endif

/* printCIR_DAT(&Cirdat); */

/* test Pipeline function */
/* if(IPS_PL(&Cirdat, &pl_hd,pl_dat, &Buf_sys.FSet,adir))
{
#ifdef PRINTOUT
printf("\nHour %d Dist %u Bg1 %.2f Bg2 %.2f #modes %d\nNoise ",
        Cirdat.Hour,pl_hd.Dist,pl_hd.Bg1,pl_hd.Bg2,pl_hd.Modes);
if(pl_hd.Noise!=NULL)
{
    for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num;i++)
        printf("%hd ",pl_hd.Noise[i]);
    }
}
#endif */

```

```

/* for(j=0;j< 2;j++)
{
#ifdef PRINTOUT
if(pl_dat[j].layer2!=NULL)
{
printf("\nL2 muf %hd owf %hd nmuf %hd nowf %hd\n",
    pl_dat[j].mol2.FMUF,pl_dat[j].mol2.FOWF,
    pl_dat[j].mol2.NMUF,pl_dat[j].mol2.NOWF);
printf("#   prob ang   loss   delay\n");
for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num+2;i++)
printf("%3d %4hd %4hd %5hd %hd\n",
    i,pl_dat[j].layer2[i].prob,pl_dat[j].layer2[i].angle,
    pl_dat[j].layer2[i].Losses,pl_dat[j].layer2[i].delay);
}

if(pl_dat[j].layer1!=NULL)
{
printf("L1 muf %hd owf %hd nmuf %hd nowf %hd\n",
    pl_dat[j].mol1.FMUF,pl_dat[j].mol1.FOWF,
    pl_dat[j].mol1.NMUF,pl_dat[j].mol1.NOWF);
for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num+2;i++)
printf("%3d %4hd %4hd %5hd %hd\n",
    i,pl_dat[j].layer1[i].prob,pl_dat[j].layer1[i].angle,
    pl_dat[j].layer1[i].Losses,pl_dat[j].layer1[i].delay);
}
#endif /*

/* free allocated memory */
/*if(pl_dat[j].layer2!=NULL)
{
free(pl_dat[j].layer2);
pl_dat[j].layer2=NULL;
}

if(pl_dat[j].layer1!=NULL)
{
free(pl_dat[j].layer1);

```

```

    pl_dat[j].layer1=NULL;
}*/

/* } */

/*if(pl_hd.Noise!=NULL)
{
    free(pl_hd.Noise);
    pl_hd.Noise=NULL;
}*/
/** IPS_PL_Cleanup(&pl_hd,pl_dat);
}
else
{
    printf("IPS_PL RETURNED FALSE *****\n");
} */

if(IPS_BUF(&Cirdat,&Buf_sys,&Buf_dat,adir)){
#ifdef USER
    fprintf(out,"%7d",Buf_dat.BUF);
#else
    fprintf(out," %s %d %d %d %d %d %u %d %u %d",
        Buf_dat.Mode,Buf_dat.BUF,Buf_dat.Prob,Buf_dat.SN_BUF,
        Buf_dat.TOA,Buf_dat.Delay_BUF,Buf_dat.MUF,Buf_dat.SN_MUF,
        Buf_dat.OWF, Buf_dat.SN_OWF);
/* #ifdef PRINTOUT
    printf("mode %s BUF %d Prob %d SN %d TOA %d delay %d\n",
        Buf_dat.Mode, Buf_dat.BUF, Buf_dat.Prob, Buf_dat.SN_BUF,
        Buf_dat.TOA, Buf_dat.Delay_BUF);
    printf("MUF %u SN %d OWF %u SN %d\n",
        Buf_dat.MUF, Buf_dat.SN_MUF, Buf_dat.OWF, Buf_dat.SN_OWF);
#endif */
#endif
}
else
    printf("IPS_BUF RETURNED FALSE *****\n");

```

```

#ifdef USER
}
#else

#endif
fprintf(out, "\n");
}
}

fclose(out);
return 0;
}

```

## 2. 점대점 전파예보: pred\_point.c

```

#include "ipscore.h"
#include "pstuff.h"
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <stdlib.h>
#include <direct.h>

#define USER
#define PRINTOUT

void rantasc(char *ant, struct IPS_Ant_Pat *pat)
{
    FILE *af;
    int i,j;
    char str[200];

    strcat(ant, ".TXT");
    if((af=fopen(ant,"r"))==NULL)

```

```

{
    fprintf(stderr,"could not open %s\n", ant);
}

fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af);
fscanf(af,"%d%d",&(pat->Num_TOA),&(pat->Num_Freq));
/* fprintf(out,"%d  %d\n", (pat->Num_TOA),(pat->Num_Freq)); */
/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af);    */
for(i=0;i<pat->Num_TOA;i++)
    fscanf(af,"%d",&(pat->AnAng[i]));
/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af); */
for(i=0;i<pat->Num_Freq;i++)
{
    fscanf(af,"%u",&(pat->Freqs[i]));
    pat->Freqs[i]*=1000;        /* to convert to kHz */
}
/* fgets(str,200,af);
fgets(str,200,af);    */
for(j=0;j<pat->Num_TOA;j++)
for(i=0;i<pat->Num_Freq;i++)
    fscanf(af,"%d",&(pat->Gain[i][j]));

fclose(af);
}

int main(void)
{
    FILE *outg,*outp,*outb,*areaf;

    char adir[40]={""};

```

```

unsigned int KST_Year, leap_year, UT_Year[24];
int KST_Month, KST_Day, KST_Hour;
int UT_Month[24], UT_Day[24], UT_Hour[24];
char *p, *q;
char token[20][20]={""},tmp_Freq[150]={""};
char *seps=",";
int flag;
float tmp_token;

char buffer[150]={""};

char ants[2][20]="ISOTROPIC";
unsigned int Year;
char Index[4]={"T"}, Base[30]="Busan", Receiver[30]="Mogpo";
char Path[10]="Short";
char tag[50]={""},fileg[70]={""},filep[70]={""},fileb[70]={""};

short int Min_Ang_F1,Min_Ang_E1,Min_Ang_F2,Min_Ang_E2;
short int Max_Ang_F1,Max_Ang_E1,Max_Ang_F2,Max_Ang_E2;
float iMUF[2][24],iOWF[2][24],iEMUF[2][24], iEOWF[2][24];

unsigned int iBUF[24], rBUF[24];
int iProb[24], iTOA[24];
int Min_Prob, Min_TOA, Max_TOA;
char iMode[24][3], rMode[24][3];
unsigned int sTime[24], eTime[24];

int i, j, k,m;
struct IPS_Circuit Cirdat;
struct IPS_BUF_Sys Buf_sys;
struct IPS_BUF_Dat Buf_dat;
struct IPS_PL_Hd pl_hd;
struct IPS_PL_Dat pl_dat[2];

/* NOTE:***** set pointers to NULL in IPS_PL_Dat struct */
for(j=0;j<2;j++){

```

```

pl_dat[j].layer2=NULL;
pl_dat[j].layer1=NULL;
}
pl_hd.Noise=NULL;

#ifdef USER
if((areaf=fopen("post_point.txt","r"))==NULL)
{
fprintf(stderr,"could not open post_area.txt\n");
return FALSE;
}

fscanf(areaf,"%u%d%d%d%d%s%s%f%f%s%f%f",
        &KST_Year,&KST_Month,&KST_Day,&KST_Hour,&Cirdat.T_index,
        Index,Base,&Cirdat.Tx.Lat,&Cirdat.Tx.Lng,Receiver,
        &Cirdat.Rx.Lat,&Cirdat.Rx.Lng);
fscanf(areaf,"%s%s%u%s%s%d%d%d%d",
        Path,tmp_Freq,&Buf_sys.TxPow,ants[0],ants[1],&Buf_sys.RxNoise,

        &Buf_sys.BandW,&Buf_sys.ReqSN,&Buf_sys.MinTOA,&Buf_sys.Req_pcDays);
fscanf(areaf,"%s",tag);
fclose(areaf);

Buf_sys.FSet.Num = 40;
for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++) Buf_sys.FSet.Freqs[i]=(i+1)*1000;

#else
KST_Year=2002; /* in UT */
KST_Month=1;
KST_Day=1;
KST_Hour=1;
Cirdat.T_index=100;
Cirdat.Tx.Lat=35.60; Cirdat.Tx.Lng=129.20;
Cirdat.Rx.Lat=34.82; Cirdat.Rx.Lng=126.38;
Buf_sys.FSet.Num=6;
Buf_sys.FSet.Freqs[0]=2000; /* in kHz */

```



```

Buf_sys.FSet.Freqs[1]=7000;
Buf_sys.FSet.Freqs[2]=10000;
Buf_sys.FSet.Freqs[3]=14000;
Buf_sys.FSet.Freqs[4]=21000;
Buf_sys.FSet.Freqs[5]=28000;
Buf_sys.TxPow=1000;
Buf_sys.RxNoise=-164;
Buf_sys.BandW=3000;
Buf_sys.ReqSN=0;
Buf_sys.MinTOA=2;
Buf_sys.Req_pcDays=90;
#endif

#ifdef USER
if(strcmp(ants[0],"ISOTROPIC")==0)      Buf_sys.Tx.Num_Freq=0;
else {  rantasc(ants[0],&(Buf_sys.Tx));  p= strtok(ants[0], ".");  }
if(strcmp(ants[1],"ISOTROPIC")==0)      Buf_sys.Rx.Num_Freq=0;
else {  rantasc(ants[1],&(Buf_sys.Rx));  p= strtok(ants[1], ".");      }
#else
/* set antenna pats to isotropic */
Buf_sys.Tx.Num_Freq=Buf_sys.Rx.Num_Freq=0;
#endif

strcpy(fileg,"UserPredPoint_g_");
strcat(fileg,tag);
strcat(fileg,".txt");
strcpy(filep,"UserPredPoint_p_");
strcat(filep,tag);
strcat(filep,".txt");
strcpy(fileb,"UserPredPoint_b_");
strcat(fileb,tag);
strcat(fileb,".txt");
outg=fopen(fileg,"w");
outp=fopen(filep,"w");
outb=fopen(fileb,"w");
fprintf(outg,"=====

```

```

=====\\n");
fprintf(outg,"HF Frequency Predictions\\n");
fprintf(outg,"=====\\n");
fprintf(outg,"Date(YYYY MM DD, KST): %u %d %d T-index:
%d\\n",KST_Year,KST_Month,KST_Day,Cirdat.T_index);
fprintf(outg,"Tx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Base,Cirdat.Tx.Lat,Cirdat.Tx.Lng);
fprintf(outg,"Rx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Receiver,Cirdat.Rx.Lat,Cirdat.Rx.Lng);
/*fprintf(outg,"MinTOA TxPow ReqSN RxManNoi BandW
Req%%Days\\n");
fprintf(outg,"%d %u %d %d %d %d\\n",Buf_sys.MinTOA,Buf_sys.TxPow,
Buf_sys.ReqSN,Buf_sys.RxNoise,Buf_sys.BandW,Buf_sys.Req_pcDays); */
fprintf(outp,"=====\\n");
fprintf(outp,"Frequency Plan Predictions\\n");
fprintf(outp,"=====\\n");
fprintf(outp,"Date(YYYY MM DD, KST): %u %d %d T-index:
%d\\n",KST_Year,KST_Month,KST_Day,Cirdat.T_index);
fprintf(outp,"Tx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Base,Cirdat.Tx.Lat,Cirdat.Tx.Lng);
fprintf(outp,"Rx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Receiver,Cirdat.Rx.Lat,Cirdat.Rx.Lng);
fprintf(outb,"=====\\n");
fprintf(outb,"Best Usable Frequency Predictions\\n");
fprintf(outb,"=====\\n");
fprintf(outb,"Date(YYYY MM DD, KST): %u %d %d T-index:
%d\\n",KST_Year,KST_Month,KST_Day,Cirdat.T_index);
fprintf(outb,"Tx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Base,Cirdat.Tx.Lat,Cirdat.Tx.Lng);
fprintf(outb,"Rx:%10s%10.2f%10.2f\\n",Receiver,Cirdat.Rx.Lat,Cirdat.Rx.Lng);

/* KST --> UT for 0 ~ 23 KST */
for(i=0;i<24;i++) {
    UT_Hour[i]=i-9;
    if(UT_Hour[i]>=0) {
        UT_Year[i]=KST_Year;

```

```

        UT_Month[i]=KST_Month;
        UT_Day[i]=KST_Day;
    }
    else
    {
        UT_Hour[i]=UT_Hour[i]+24;
        UT_Day[i]=KST_Day-1;
        if(UT_Day[i]!=0){
            UT_Month[i]=KST_Month; UT_Year[i]=KST_Year; }
        else {
            UT_Month[i]=KST_Month-1;
            UT_Year[i]=KST_Year;
            if(UT_Month[i]==0){ UT_Year[i]=KST_Year-1;
UT_Month[i]=12; UT_Day[i]=31; }
            else if(UT_Month[i]==2) {
                leap_year=UT_Year[i]%4;
                if(leap_year==0) UT_Day[i]=29;
                else UT_Day[i]=28; }
            else if(UT_Month[i]==1||UT_Month[i]==3||UT_Month[i]==5||UT_Month[i]==7||UT_Month[i]
]==8||UT_Month[i]==10) UT_Day[i]=31;
            else UT_Day[i]=30;
        }
    }
}

/* printCIR_DAT(&Cirdat); */

Min_Ang_F1=9000;
Min_Ang_E1=9000;
Min_Ang_F2=9000;
Min_Ang_E2=9000;
Max_Ang_F1=-9000;
Max_Ang_E1=-9000;
Max_Ang_F2=-9000;
Max_Ang_E2=-9000;

```

```

for(k=0;k<24;k++) {
Year=UT_Year[k];
Cirdat.Month=UT_Month[k];
Cirdat.Day=UT_Day[k];
Cirdat.Hour=UT_Hour[k];
/* Year=2002;
Cirdat.Month=1;
Cirdat.Day=1;
Cirdat.Hour=k; */

if(IPS_PL(&Cirdat, &pl_hd, pl_dat, &Buf_sys.FSet, adir))
{
/*fprintf(outg,"#modes %d\nNoise ",pl_hd.Modes);
#ifdef PRINTOUT
if(pl_hd.Noise!=NULL)
{
for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num;i++)
fprintf(outg,"%hd ",pl_hd.Noise[i]);
}
#endif */

for(j=0;j< 2;j++)
{
if(pl_dat[j].layer2!=NULL)
{
iMUF[j][k]=(float)pl_dat[j].mol2.FMUF;    iOWF[j][k]=(float)pl_dat[j].mol2.FOWF;
/* kHz/10 */
iMUF[j][k]=(float)(iMUF[j][k]/100.);
iOWF[j][k]=(float)(iOWF[j][k]/100.);
/* printf("owf %hd muf %hd \n",pl_dat[j].mol2.FOWF,pl_dat[j].mol2.FMUF);
printf("iowf %f imuf %f \n",iOWF[j][k],iMUF[j][k]); */
}
else
{
iMUF[j][k]=0.;
iOWF[j][k]=0.;
}
}

```

```

}
if(pl_dat[j].layer1!=NULL)
{ iEMUF[j][k]=(float)pl_dat[j].mol1.FMUF; iEOWF[j][k]=(float)pl_dat[j].mol1.FOWF;
  /* kHz/10 */
  iEMUF[j][k]=(float)(iEMUF[j][k]/100.);
  iEOWF[j][k]=(float)(iEOWF[j][k]/100.);
}
else
{
iEMUF[j][k]=0.;
iEOWF[j][k]=0.;
}
}

for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++)
{
if(pl_dat[0].layer2!=NULL)
{
if(pl_dat[0].layer2[i].angle!=0)
Min_Ang_F1=__min(pl_dat[0].layer2[i].angle,Min_Ang_F1);
Max_Ang_F1=__max(pl_dat[0].layer2[i].angle,Max_Ang_F1); }

if(pl_dat[0].layer1!=NULL)
{
if(pl_dat[0].layer1[i].angle!=0)
Min_Ang_E1=__min(pl_dat[0].layer1[i].angle,Min_Ang_E1);
Max_Ang_E1=__max(pl_dat[0].layer1[i].angle,Max_Ang_E1); }

if(pl_dat[1].layer2!=NULL)
{
if(pl_dat[1].layer2[i].angle!=0)
Min_Ang_F2=__min(pl_dat[1].layer2[i].angle,Min_Ang_F2);
Max_Ang_F2=__max(pl_dat[1].layer2[i].angle,Max_Ang_F2); }

if(pl_dat[1].layer1!=NULL)
{
if(pl_dat[1].layer1[i].angle!=0)
Min_Ang_E2=__min(pl_dat[1].layer1[i].angle,Min_Ang_E2);
Max_Ang_E2=__max(pl_dat[1].layer1[i].angle,Max_Ang_E2); }
}

```

```

/* for(j=0;j< 2;j++)
{
#ifdef PRINTOUT
if(pl_dat[j].layer2!=NULL)
{
fprintf(outg,"\nL2      muf      %hd      owf      %hd      nmuf      %hd      nowf
%hd\n",pl_dat[j].mol2.FMUF,pl_dat[j].mol2.FOWF,pl_dat[j].mol2.NMUF,pl_dat[j].mol2.
NOWF);
fprintf(outg,"#   prob ang   loss   delay\n");
for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num+2;i++)
fprintf(outg,"%3d                %4hd                %4hd                %5hd
%hd\n",i,pl_dat[j].layer2[i].prob,pl_dat[j].layer2[i].angle,pl_dat[j].layer2[i].Losses,pl_dat[
j].layer2[i].delay);
}
if(pl_dat[j].layer1!=NULL)
{
fprintf(outg,"L1      muf      %hd      owf      %hd      nmuf      %hd      nowf
%hd\n",pl_dat[j].mol1.FMUF,pl_dat[j].mol1.FOWF,pl_dat[j].mol1.NMUF,pl_dat[j].mol1.
NOWF);
for(i=0;i< Buf_sys.FSet.Num+2;i++)
fprintf(outg,"%3d                %4hd                %4hd                %5hd
%hd\n",i,pl_dat[j].layer1[i].prob,pl_dat[j].layer1[i].angle,pl_dat[j].layer1[i].Losses,pl_dat[
j].layer1[i].delay);
}
#endif /*

/* free allocated memory */
/*if(pl_dat[j].layer2!=NULL) {free(pl_dat[j].layer2); pl_dat[j].layer2=NULL; }
if(pl_dat[j].layer1!=NULL) {free(pl_dat[j].layer1); pl_dat[j].layer1=NULL; }*/
/* } */

/*if(pl_hd.Noise!=NULL) {free(pl_hd.Noise); pl_hd.Noise=NULL; }*/

IPS_PL_Cleanup(&pl_hd,pl_dat);
}
else printf("IPS_PL RETURNED FALSE *****\n");

```

```
}
```

```
Min_Ang_F1=Min_Ang_F1/100;
Min_Ang_E1=Min_Ang_E1/100;
Min_Ang_F2=Min_Ang_F2/100;
Min_Ang_E2=Min_Ang_E2/100;
Max_Ang_F1=Max_Ang_F1/100;
Max_Ang_E1=Max_Ang_E1/100;
Max_Ang_F2=Max_Ang_F2/100;
Max_Ang_E2=Max_Ang_E2/100;
```

```
fprintf(outg,"Path:  %s      Distance:  %u   km      Bearings:  %4.0f  %4.0f
\n",Path,pl_hd.Dist,pl_hd.Bg1,pl_hd.Bg2);
fprintf(outg,"=====
=====\\n");
fprintf(outg,"First Mode: 1F %hd-%hd 1E %hd-%hd      Second   Mode:
2F %hd-%hd 2E %hd-%hd\\n",
```

```
Min_Ang_F1,Max_Ang_F1,Min_Ang_E1,Max_Ang_E1,Min_Ang_F2,Max_Ang_F2,Min
_Ang_E2,Max_Ang_E2);
```

```
fprintf(outg,"KST      MUF    OWF    EMUF  MUF    OWF    EMUF
KST\\n");
```

```
for(k=0;k<24;k++)
```

```
{
```

```
fprintf(outg,"%2.2d      %4.1f  %4.1f
%4.1f",k,iMUF[0][k],iOWF[0][k],iEMUF[0][k]);
fprintf(outg,"      %4.1f  %4.1f  %4.1f
%2.2d\\n",iMUF[1][k],iOWF[1][k],iEMUF[1][k],k);
```

```
}
```

```
fprintf(outg,"=====
=====\\n");
```

```
flag=0;
```

```
strcpy(buffer,tmp_Freq);
```

```
q=tmp_Freq;
```

```
while(flag<20) {
```

```

        p=strtok(buffer, seps);
        strcpy(token[flag],p);
        q=strstr(q+1,seps);
        if(q==NULL) break;
        strcpy(buffer,q+1);
        flag++; }

Buf_sys.FSet.Num = flag + 1;
for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++) {
    tmp_token=(float)atof(token[i]);
    Buf_sys.FSet.Freqs[i]=(unsigned int)tmp_token; }

fprintf(outp,"Path:  %s      Distance:  %u  km      Bearings:  %4.0f  %4.0f
\n",Path,pl_hd.Dist,pl_hd.Bg1,pl_hd.Bg2);
/* fprintf(outp,"# frequency:  %d\n",Buf_sys.FSet.Num); */
fprintf(outp,"Selected frequency set (MHz): ");
for(i = 0; i < Buf_sys.FSet.Num; i++) fprintf(outp,"  %u",Buf_sys.FSet.Freqs[i]);
fprintf(outp,"\n");
fprintf(outp,"=====
=====\n");
fprintf(outb,"Path:  %s      Distance:  %u  km      Bearings:  %4.0f  %4.0f
\n",Path,pl_hd.Dist,pl_hd.Bg1,pl_hd.Bg2);
fprintf(outb,"Selected frequency set (MHz): ");
for(i = 0; i < Buf_sys.FSet.Num; i++) fprintf(outb,"  %u",Buf_sys.FSet.Freqs[i]);
fprintf(outb,"\n");
fprintf(outb,"=====
=====\n");

for(i=0;i<Buf_sys.FSet.Num;i++)  Buf_sys.FSet.Freqs[i]=Buf_sys.FSet.Freqs[i]*1000;
/*  to convert to kHz */

fprintf(outb,"KST      Mode  BUF   Prob  MUF   OWF   TOA\n");
for(k=0;k<24;k++) {
    Year=UT_Year[k];
    Cirdat.Month=UT_Month[k];
    Cirdat.Day=UT_Day[k];

```



```

Cirdat.Hour=UT_Hour[k];

if(IPS_BUF(&Cirdat,&Buf_sys,&Buf_dat,adir)){
    iBUF[k]=Buf_dat.BUF/1000;                /* kHz --> MHz */
    sprintf(iMode[k], Buf_dat.Mode);
    iProb[k]=Buf_dat.Prob/100;
    iTOA[k]=Buf_dat.TOA/100;
    fprintf(outh,"%d %s      %d      %d      %u      %u
%d\n",k,Buf_dat.Mode,
          B u f _ d a t . B U F / 1 0 0 0 ,
Buf_dat.Prob/100,Buf_dat.MUF/1000,Buf_dat.OWF/1000,Buf_dat.TOA/100);
    /*fprintf(outh,"mode %s BUF %d Prob %d SN %d TOA %d delay %d\n",
Buf_dat.Mode, Buf_dat.BUF, Buf_dat.Prob, Buf_dat.SN_BUF, Buf_dat.TOA,
Buf_dat.Delay_BUF);
    fprintf(outh,"MUF %u SN %d OWF %u SN %d\n",
Buf_dat.MUF, Buf_dat.SN_MUF, Buf_dat.OWF, Buf_dat.SN_OWF); */
}
else printf("IPS_BUF RETURNED FALSE *****\n");
}

fprintf(outh,"=====
=====\n");

Min_TOA=90;
Max_TOA=0;
Min_Prob=100;
i=0;
sTime[i]=0;
for(k=0;k<23;k++) {
    eTime[i]=k+1;
    rBUF[i]=iBUF[k];
    sprintf(rMode[i],iMode[k]);
    Min_TOA=__min(Min_TOA,iTOA[k]);
    Max_TOA=__max(Max_TOA,iTOA[k]);
    Min_Prob=__min(Min_Prob,iProb[k]);
    if((iBUF[k+1]!=iBUF[k])||(strcmp(iMode[k+1],iMode[k])!=0))
    { eTime[i]=k+1;

```

```

        i++;
        sTime[i]=k+1;
        if((k+1)==23)
        {eTime[i]=24;
         rBUF[i]=iBUF[k];
         sprintf(rMode[i],iMode[k]);}
    }
}
m=i;
Min_TOA=(__min(Min_TOA,iTOA[23]));
Max_TOA=(__max(Max_TOA,iTOA[23]));
Min_Prob=(__min(Min_Prob,iProb[23]));
fprintf(outp,"Probability > %d      TakeOff Angle: %d - %d\n",Min_Prob,
Min_TOA,Max_TOA);
fprintf(outp,"=====
=====\\n");
fprintf(outp,"Time(KST)      Frequency(MHz) Mode\\n");
for(i=0;i<=m;i++){
fprintf(outp,"%2.2d00 - %2.2d00 %u      %      s      \\      n      "      ,
sTime[i],eTime[i],rBUF[i],rMode[i]);
}
fprintf(outp,"=====
=====\\n");

fclose(outg);
fclose(outp);
fclose(outb);

return 0;
}

```

### 3. Best Usable Frequency contour map을 그리는 프로그램: Plot\_PredArea.pro

```

pro PLOT_PREDAREA
;
; PURPOSE
;   To plot contours of Best Usable Frequency vs.
;   latitude and longitude from rectangular latitude/longitude grid output.
;
; LOCAL VARIABLES
;
;   -Name-    ---Type---    --Dimension--    -----Units-----
;   -----Range-----
;
;   -----Description-----
;   ALT      Float      Vector      Km      > 0.
;   (NALT)
;   The altitude grid
;   CRDTYP Integer      Scalar      n/a      0 or 1
;   A flag identifying the primary coordinate system used, 0 for
;   geographic or 1 for geomagnetic
;   C_LABS Integer      Vector      n/a      0 or 1
;   (?)
;   Integer flags designating which contour lines to label, 1 for yes or
;   0 for no
;   DATTYP Integer      Scalar      n/a      0 <= DATTYP <= 2
;   A flag identifying the type of data, 0 for critical frequencies and
;   heights and TEC, 1 for electron density profiles, or 2 for electron
;   density profiles, critical frequencies and heights, and TEC
;   DLAT      Float      Scalar      Degrees north <> 0.
;   The spacing of the primary latitude grid
;   DLON      Float      Scalar      Degrees east <> 0.
;   The spacing of the primary longitude grid
;   DUM1      Float      Vector      n/a      n/a
;   (5)
;   A dummy array used for reading

```

```

;   DUM2   Float      Vector      n/a          n/a
;
;           (7)
;   A dummy array used for reading
;   EDP    Float      Vector      cm-3          > 0.
;
;           (NALT)
;   An electron density altitude profile
;   ELAT   Float      Scalar      Degrees north  -90. <= ELAT <= 90.
;
;   The ending latitude of the primary latitude grid
;   ELON   Float      Scalar      Degrees east   n/a
;
;   The ending longitude of the primary latitude grid
;   F10P7  Float      Scalar      Solar Flux    >= 0.
;
;           Units
;   The 10.7 cm solar flux
;   FILE   String     Scalar      n/a          Valid file name
;
;   The name of the output file
;   GLAT   Float      Matrix      Degrees north  -90. <= GLAT <= 90.
;
;           (NLAT,NLON)
;   Geographic latitudes on the primary latitude and longitude grids
;   GLON   Float      Matrix      Degrees east   n/a
;
;           (NLAT,NLON)
;   Geographic longitudes on the primary latitude and longitude grids
;   GRDTYP Integer     Scalar      n/a          0 <= GRDTYP <= 2
;
;   A flag identifying the type of output grid, 0 for a rectangular
;   latitude/longitude output grid, 1 for a latitude/longitude pairs
;   output grid, or 2 for an azimuth/elevation (ground-based) output grid
;   IDUM   Integer     Scalar      n/a          n/a
;
;   A dummy variable used for reading
;   ILAT   Integer     Scalar      n/a          0 <= ILAT <= NLAT-1
;
;   The loop counter for the primary latitude grid
;   ILON   Integer     Scalar      n/a          0 <= ILON <= NLON-1
;
;   The loop counter for the primary longitude grid
;   IMENU  Integer     Scalar      n/a          1 <= IMENU <= 8
;
;   The menu choice
;   KP     Float      Scalar      n/a          0. <= Kp <= 9.
;
;   The 3-hour magnetic Kp index
;   KST    Float      Scalar      Decimal hours  0. <= UT < 24.

```

```

;      The Korean Standart time
;  LEVELS  Float      Vector      Varies      Varies
;          (?)
;      The contour levels to plot
;  LUN     Long      Scalar      n/a          n/a
;      The logical unit number used to access the output file
;  MLAT    Float      Matrix      Degrees north  -90. <= MLAT <= 90.
;          (NLAT,NLON)
;      Geomagnetic latitudes on the primary latitude and longitude grids
;  MLON    Float      Matrix      Degrees east   n/a
;          (NLAT,NLON)
;      Geomagnetic longitudes on the primary latitude and longitude grids
;  MLT     Float      Matrix      Decimal hours  0. <= MLT < 24.
;          (NLAT,NLON)
;      Geomagnetic local times on the primary latitude and longitude grids
;  NALT    Integer    Scalar      n/a            > 0
;      The number of altitudes on the altitude grid
;  NLAT    Integer    Scalar      n/a            > 0
;      The number of latitudes on the primary latitude grid
;  NLON    Integer    Scalar      n/a            > 0
;      The number of longitudes on the primary longitude grid
;  PLASPH  Integer    Scalar      n/a            0 or 1
;      The plasmasphere flag, 0 for no plasmasphere or 1 for a Gallagher
;      plasmasphere
;  PRMTYP  Integer    Scalar      n/a            1 <= PRMTYP <= 10
;      A flag identifying the quantity to plot, 1 for foF2, 2 for nmF2,
;      3 for hmF2, 4 for foF1, 5 for nmF1, 6 for hmF1, 7 for foE, 8 for nmE,
;      9 for hmE, or 10 for TEC
;  SCLEV1  String     Scalar      n/a            n/a
;      A string used for annotating the plot that specifies the contour
;      levels
;  SCLEV2  String     Scalar      n/a            n/a
;      A string used for annotating the plot that specifies the range of the
;      contour levels
;  SCRD1   String     Scalar      n/a            n/a
;      A string identifying the primary coordinate system

```

```

;   SCRD2  String      Scalar      n/a          n/a
;       A string identifying the primary coordinate system
;   SDUM   String      Scalar      n/a          n/a
;       A dummy variable used for reading
;   SLAT   Float       Scalar      Degrees north  -90. <= SLAT <= 90.
;       The starting latitude of the primary latitude grid
;   SLON   Float       Scalar      Degrees east   n/a
;       The starting longitude of the primary longitude grid
;   SPARAM String      Scalar      n/a          n/a
;       A string used for annotating the plot that specifies the parameter
;       being plotted
;   SSN    Float       Scalar      n/a          >= 0.
;       The sunspot number
;   SX1    Float       Scalar      Normalized    0. <= SX1 <= 1.
;                                     device
;                                     coordinates
;       A variable used for annotating plots
;   SY1    Float       Scalar      Normalized    0. <= SY1 <= 1.
;                                     device
;                                     coordinates
;       A variable used for annotating plots
;   UT     Float       Scalar      Decimal hours  0. <= UT < 24.
;       The universal time
;   X       Float       Vector      Degrees east  n/a
;                                     (NLON)
;       The longitude grid for a plot
;   XRANGE Float       Vector      Degrees east  n/a
;                                     (2)
;       The longitude range for a plot
;   XTITLE String      Scalar      n/a          n/a
;       The x-axis title
;   Y       Float       Vector      Degrees north -90. <= Y <= 90.
;                                     (NLAT)
;       The latitude grid for a plot
;   YEAR   Integer     Scalar      n/a          n/a
;       The year

```

```

;   YRANGE Float      Vector      Degrees north   -90. <= YRANGE <=
90.
;
;           (2)
;   The latitude range for a plot
;   YTITLE String      Scalar      n/a           n/a
;   The y-axis title
;   Z      Float      Matrix      Varies        Varies
;           (NLON,NLAT)
;   The z-variable for a plot
;
; PROCEDURES REQUIRED
; Name- -----Description-----
;   None
;
; FUNCTIONS REQUIRED
; Name- ---Type--- -----Description-----
;   None
;
; FILES ACCESSED
; Name-----Type---Unit- -----Description-----
;   Varies      Formatted  Varies Rectangular-grid output file
;
;
; SPECIAL CONSTANTS
; Name-----Type-----Units-----Description-----
;   None
;
;   Color Plot
;
device, decompose=0
;
;
;   Get the name of the UserPredArea output file
;
GET_FILE:
dir='d:\_smpark\전 파과 제2002\IPS\CODE\'

```

```

;dir='C:\APM_Setup\htdocs\forecast\'
FILE=dir+'UserPredArea.txt'
;READ,'What is the name of the rectangular-grid output file? ',FILE
FILE=STRCOMPRESS(FILE,/REMOVE_ALL)
;
; Open the output file
;
;GET_LUN,LUN
OPENR,LUN,File,/Get_lun
PRINT,'Reading data...Please wait...'

fname=''
;
; Read environment information from the UserPredArea output file
;
YEAR=0
MONTH=0
DAY=0
UT=0
T=0
F10P7=0.
SSN=0.
MinTOA=0
TxPow=0
ReqSN=0
RxManNo=0
BandW=0
ReqD=0
NumFre=0
BLAT=0.0
BLON=0.0
SDUM=''
BASE=''
tag=''
READF,LUN,tag
READF,LUN,SDUM

```



```
READF,LUN,YEAR,MONTH,DAY
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,BASE
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,BLAT,BLON
```

```
SLAT=0.
SLON=0.
ELAT=0.
ELON=0.
NLAT=0
NLON=0
DLAT=0.
DLON=0.
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,SLAT,ELAT,SLON,ELON
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,NLAT,NLON,T
```

```
SLON=(360.+(SLON MOD 360.)) MOD 360.
ELON=(360.+(ELON MOD 360.)) MOD 360.
DLAT=FLOAT((ELAT-SLAT)/NLAT)
DLON=FLOAT((ELON-SLON)/NLON)
```

```
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,MinTOA,TxPow,ReqSN,RxManNo,BandW,ReqD
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,NumFre
```

```
Freq=INTARR(NumFre)
READF,LUN,SDUM
READF,LUN,Freq
```

```
Freq(*)=Freq(*)/1000
```

```
IDUM=0
```

```

CRDTYP=0
GRDTYP=0
PLASPH=0
IF GRDTYP NE 0 THEN BEGIN
    CLOSE,LUN
    FREE_LUN,LUN
    PRINT,'File "'+FILE+'" contains the wrong type of output grid for PlotPredA.'
    READ,'Do you want to try another file (Y/[N])? ',SDUM
    IF STRUPCASE(STRMID(STRCOMPRESS(SDUM,/REMOVE_ALL),0,1)) EQ
'Y' THEN BEGIN
        GOTO,GET_FILE
    ENDIF ELSE BEGIN
        GOTO,END_PlotPredA
    ENDELSE
ENDIF

DATTYP=0
IF (DATTYP NE 0) AND (DATTYP NE 2) THEN BEGIN
    CLOSE,LUN
    FREE_LUN,LUN
    PRINT,'File "'+FILE+'" contains the wrong type of output data for PlotPredA.'
    READ,'Do you want to try another file (Y/[N])? ',SDUM
    IF STRUPCASE(STRMID(STRCOMPRESS(SDUM,/REMOVE_ALL),0,1)) EQ
'Y' THEN BEGIN
        GOTO,GET_FILE
    ENDIF ELSE BEGIN
        GOTO,END_PlotPredA
    ENDELSE
ENDIF

;
; Read BUF from the UserPredArea output file
;
GLAT=FLTARR(NLAT,NLON)
GLON=FLTARR(NLAT,NLON)
BUF=FLTARR(24,NLAT,NLON)
DUM1=FLTARR(2)

```

```

DUM2=INTARR(24)

READF,LUN,SDUM
FOR ILON=0,NLON-1 DO BEGIN
  FOR ILAT=0,NLAT-1 DO BEGIN
    READF,LUN,DUM1,DUM2
    DUM1(0)=(360.+(DUM1(0) MOD 360.)) MOD 360.
    GLON(ILAT,ILON)=DUM1(0)
    GLAT(ILAT,ILON)=DUM1(1)
    BUF(*,ILAT,ILON)=DUM2(*)/1000
    ;BUF(*,ILAT,ILON)=FIX(DUM2(*)/1000)
  ENDFOR
ENDFOR
;
; Close the UserPredArea output file
;
CLOSE,LUN
FREE_LUN,LUN
;
; Set the latitude and longitude grids according to the primary coordinate
; system type
;
IF CRDTYP EQ 0 THEN BEGIN
  X=REFORM(GLON(0,*))
  Y=GLAT(*,0)
  SCRD1='geographic'
  SCRD2='Geographic'
ENDIF ELSE BEGIN
  X=REFORM(MLON(0,*))
  Y=MLAT(*,0)
  SCRD1='geomagnetic'
  SCRD2='Geomagnetic'
ENDELSE

XTITLE=SCRD2+' Longitude (!uo!nE)'
YTITLE=SCRD2+' Latitude (!uo!nN)'

```

```

;
; Attempt to insure that the primary longitude grid is monotonic for the
; CONTOUR routine
; Note: This is for cases where the user's desired longitude range for BUF is
;       other than [0,360], for example [-180,180].
;
X=(360.+(X MOD 360.)) MOD 360.
DUM=WHERE(INDGEN(NLON) EQ SORT(X),IDUM)
IF IDUM LT NLON THEN BEGIN
    IF (IDUM EQ 1) AND (X(NLON-1) LE X(NLON-2)) THEN BEGIN
        X(NLON-1)=X(NLON-1)+360.
    ENDIF ELSE BEGIN
        ILON=0
        WHILE (X(ILON) LE X(ILON+1)) AND (ILON LT NLON-2) DO BEGIN
            X(ILON)=X(ILON)-360.
            ILON=ILON+1
        ENDWHILE
        IF ILON EQ NLON-2 THEN BEGIN
            IF X(ILON) LE X(ILON+1) THEN X(ILON)=X(ILON)-360.
        ENDIF ELSE BEGIN
            X(ILON)=X(ILON)-360.
        ENDELSE
    ENDELSE
DUM=WHERE(INDGEN(NLON) EQ SORT(X),IDUM)
IF IDUM LT NLON THEN BEGIN
    PRINT,'PlotPredA:Primary longitude grid is not monotonically '+$
        'increasing in one period of'
    PRINT,'          longitude (360 degree range).'
    STOP,'PlotPredA terminated with error.'
ENDIF
ENDIF
;
; Initialize plotting parameters
;
PRMTYP=1
Z=TRANSPPOSE(BUF)

```

```

LEVELS=INDGEN(NumFre)
;C_LABS=INDGEN(NumFre) MOD 1
C_LABS=1
SPARAM='BUF (MHz)'
;SCLEV1='Contours every 1 MHz'
;SCLEV2='from 0 to 29 MHz'
XRANGE=[MIN(X),MAX(X)]
YRANGE=[MIN(Y),MAX(Y)]
sclmax=MAX(Freq) & sclmin=0

loadct, 5
window, /free,/pixmap,xsize=800,ysize=500

ISLON=X(0)
IELON=X(NLON-1)
ISLAT=Y(0)
IELAT=Y(NLAT-1)

pz=fltarr(NLAT,NLON)

for kk = 0, 23 do begin
    pz=z(*,*,kk)

;pz=bytsc1(congrid(pz,NLAT,NLON),max=sclmax,min=sclmin,top=!d.n_colors-100)
    pz=bytsc1(pz,max=sclmax,min=sclmin,top=!d.n_colors-100)

map_set,LIMIT=[ISLAT,ISLON,IELAT,ISLON,IELAT,IELON,ISLAT,IELON], $
    /cylind,pos=[0.15,0.1,0.75,0.8]
    warp=map_image(pz,xx,yy,LATMIN=ISLAT,LATMAX=IELAT, $
        LONMIN=ISLON,LONMAX=IELON,/bilinear,compress=1)
;contour,pz,GLON,GLAT,pos=[0.18,0.1,0.78,0.8], $
;    /follow,c_colors=[0,0,0],c_charsize=2.0,/noerase,nlevels=NumFre
tv,warp,xx,yy
map_set, 0,180, $
    LIMIT=[ISLAT,ISLON,IELAT,ISLON,IELAT,IELON,ISLAT,IELON], $
    /cylind,/continent,/noerase,con_color=250,pos=[0.15,0.1,0.75,0.8],/grid, $

```

```

        LABEL=3, LATALIGN=0., $
        LATLAB=IELON-(IELON-ISLON)/40.,LONLAB=IELAT-(IELAT-ISLAT)/40.
a=findgen(10,256)/10
plot,a,/noerase,pos=[0.098,0.1,0.122,0.8],/nodata,yrange=[sclmin,sclmax],$
        xtickname=replicate(' ',10),xticks=1,xminor=-1
map_set,pos=[0.10,0.1,0.12,0.8],/noborder,/noerase
warp=map_image(a,xx,yy)
tv,warp,xx,yy

SX1=.34
SY1=.07
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,XTITLE,SIZE=1.0

SX1=.14
SY1=.3
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,ORIENTATION=90,YTITLE,SIZE=1.0

SX1=.77
SY1=.825
SY1=SY1-.080
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,'Base: '+BASE,SIZE=1.25
SY1=SY1-.080
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,'Year: '+STRING(YEAR,'(I4)'),SIZE=1.25
SY1=SY1-.050
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1, $
        'Month: '+STRCOMPRESS(STRING(Month,'(I3)'), $
        /REMOVE_ALL),SIZE=1.25
SY1=SY1-.050
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,'Day: '+STRCOMPRESS(STRING(DAY,'(I3)'), $
        /REMOVE_ALL),SIZE=1.25
SY1=SY1-.050
KST=kk
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,'KST: '+STRCOMPRESS(STRING(KST,'(I3)'),$
/REMOVE_ALL)+' hr',SIZE=1.25
SY1=SY1-.080
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,'T-index: '+STRCOMPRESS(STRING(T, $

```

```

'(I5)'),/REMOVE_ALL),SIZE=1.25

SY1=SY1-.3
XYOUTS,/NORMAL,SX1,SY1,SPARAM,SIZE=1.5

temp = string(kk)
kfname=strcompress(temp,/remove_all)
fname = dir+'BUF'+kfname+'_'+tag+'.jpg'

image=bytarr(800,500,3)
image=tvrd(TRUE=3)
tvscl,image
;write_jpeg,'test.jpg',image, TRUE=3, /ORDER
write_image,fname,'jpeg',image
endfor
wdelete, !d.window

END_PlotPredA:
;PRINT,'Plot_PredA terminated normally.'
;
END

```

#### 4. fof2를 업데이트 하기 위한 프로그램들

```
: xclock_ftp.pro, update_fof2.pro, putfof2.ftp
```

## 가. xclock\_ftp.pro

```
pro xclock_ftp, event
```

lun2 = 11

```
openw, lun2, 'fof2_new.txt'
```

```
UTdata='ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ'
```

```
month = strmid(systime(0),4,3)
```

```
day = strmid(systime(0),8,2)
```

```
hour = strmid(systime(0),11,2)
```

```
min = strmid(systime(0),14,2)
```

```
sec = strmid(systime(0),17,2)
```

```
year = strmid(systime(0),22,2)
```

```
if month eq 'Jan' then mm = 1
```

```
if month eq 'Feb' then mm = 2
```

```
if month eq 'Mar' then mm = 3
```

```
if month eq 'Apr' then mm = 4
```

```
if month eq 'May' then mm = 5
```

```
if month eq 'Jun' then mm = 6
```

```
if month eq 'Jul' then mm = 7
```

```
if month eq 'Aug' then mm = 8
```

```
if month eq 'Sep' then mm = 9
```

```
if month eq 'Oct' then mm =10
```

```
if month eq 'Nov' then mm =11
```

```
if month eq 'Dec' then mm =12
```

```
;year = 02
```

```
;mm = 01
```

```
;day = 3
```

```
;hour= 10
```

```
;min = 10
```

```
;sec= 0
```

;

[illegible]

Upload

Latest

foF2

data





```

hour1 = (hour+24)-9
endif else begin
day1 = day
mm1 = mm
hour1 = (hour-9)
endelse

;saodir = '/user1/realtime/DBion/'
saodir = 'd:\_smpark\전파과제2002\IPS\CODE\'

;print,'UT  : ',year1, mm1, day1, hour1
;print,'KST: ',year,' ',month,' ',day,' ',hour,':',min,':',sec

if ( (min eq 10) and (sec eq 0)) then begin
    DOY_temp = (julday(mm1,day1,year1) - julday(1,1,year1) ) + 1
    DOY1 = string((julday(mm1,day1,year1) - julday(1,1,year1)) + 1)
    if DOY_temp lt 10 then DOY1 = '00'+ DOY1
    if(DOY_temp ge 10 and DOY_temp lt 100) then DOY1 = '0'+ DOY1

    DOY=strcompress(DOY1,/remove_all)
    ;yr_temp = strmid(year1,1,1)
    ;yr=strcompress(yr_temp,/remove_all)
    yr=strcompress(year1,/remove_all)
    filename= saodir+yr+DOY+strmid(UTdata,hour1,1)+'00B.SAO'
    print,filename
    realfof2,filename,year1,mm1,day1,hour1,lun2

cmd1 = 'ftp -in < putfof2.ftp
print,cmd1
spawn,cmd1
endif

END_XCLOCK_FTP:
END

```

```

pro realfof2,filename,year1,mm1,day1,hour1,lun2

lun1=10
critical_value=10.0
print,filename
on_ioerror,bad1
openr, lun1, filename
type=''
art_version=''
nh_version=''
tmp=''
year=0
day=0
hour=0
minute=0
index1=Make_Array(40, Value=0, /Int)
index2=Make_Array(40, Value=0, /Int)
readf, lun1, index1
readf, lun1, index2
readf, lun1, gyrofrequency, dip_angle, geolat, geolon, sunspotnumber,
format='(5f7.3)'
readf, lun1, type, art_version, nh_version, format='(a7,6x,a11,2x,a9)'
readf, lun1, year, day, hour, minute, format='(i2,i3,i2,i2)'
readf, lun1, foF2, foF1, MD, MUF, fmin, foEs, fminF, fminE, foE, fxI, hF, hF2, $
    hE, hEs, HOM ,format='(15f8.3)'
readf, lun1, Ym, QF, QE, DownF2, DownE, DownEs, FF, FE, D, fMUFD, hMUFD,
foF2c, foEp, $
    fhF,fhF2, format='(15f8.3)'
readf, lun1, foF1p, peakheightF2, peakheightF1, zhalfNm, foF2p, fminEs, yF2,
yF1,TEC, $
    shF2, B0, B1, format='(12f8.3)'
;print,'yr, mon, dy, hr, mm,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD'
;print, year1,mm1,day1,hour1,minute,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD, $
    format='(i2,1x,i2,1x,i2,1x,i2,1x,i2,1x,8f8.3)'

```

```

printf, lun2, year1,mm1,day1,hour1,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD, $
      format='(i2,1x,i2,1x,i2,1x,i2,1x,8f8.3)'
goto, done1
bad1 : on_ioerror, null
done1 : free_lun, lun1,lun2
close,lun1,lun2
End

```

#### 나. putfof2.ftp

```

open 211.252.156.8
user ID PASSWORD
ascii
put d:\_smpark\전파과제2002\IPS\CODE\fof2_new.txt
/home2/smpark/fof2_new.txt
bye

```

#### 다. update\_fof2.pro

```

pro update_fof2

lun1=10
lun2 = 11

dir = 'd:\_smpark\전파과제2002\IPS\CODE\'
filename=dir+'fof2_new.txt'

err=1
on_ioerror,bad1

openr, lun1, filename, ERROR=err
if(err ne 0) then goto, done1

year=0

```

```

month=0
day=0
hour=0
foF2=0.
foF1=0.
foE=0.
fxI=0.
foEs=0.
fmin=0.
MUF=0.
MD=0.

```

```

imonth=0
iday=0
ihour=0
ifoF2=0.
ifoF1=0.
ifoE=0.
ifxI=0.
ifoEs=0.
ifmin=0.
iMUF=0.
iMD=0.
ii=0

```

```

readf, lun1, year,month,day,hour,foF2,foF1,foE,fxI,foEs,fmin,MUF,MD;, $
;format='(i2,1x,i2,1x,i2,1x,i2,1x,8f8.3)'
```

```

;print, year,month,day,hour,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD, $
;      format='(i2,1x,i2,1x,i2,1x,i2,1x,8f8.3)'
```

```

yr_temp=string(year)
yr=strcompress(yr_temp,/remove_all)
fof2file=dir+'fof2_'+yr+'.txt'
```

```

openu,lun2,fof2file,ERROR=err1
```

```

if err1 ne 0 then begin
    close, lun2
    openw,lun2,fof2file
    i=1
        printf,lun2,i,month,day,hour,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD, $
        format='(i4,2x,i2,2x,i2,2x,i2,2x,8f8.3)'
    close, lun2
endif else begin
    while not EOF(11) do begin
        readf,lun2,ii,imonth,iday,ihour,ifoF2,ifoF1,ifoE,ifxI,ifoEs,ifmin,iMUF,iMD
    endwhile
    printf,lun2,ii+1,month,day,hour,foF2, foF1, foE, fxI, foEs, fmin, MUF, MD, $
    format='(i4,2x,i2,2x,i2,2x,i2,2x,8f8.3)'
    close, lun2
endelse

bad1 : on_ioerror, null
done1: free_lun, lun1
close,lun1

if err eq 0 then FILE_DELETE,$
    'd:\_smpark\전 파과 제2002\IPS\CODE\fof2_new.txt',/NOEXPAND_PATH

END

```

## 첨부 2. 인터넷 기반 프로그램

### 1. 전파예보프로그램 초기화면(파일명 : index.htm)

```
<html>
<head>
<title>전파예보프로그램</title>
</head>
<body>
<br><br>
<font size="4" color="black"><b> * 전파전달예보 서비스(HF Radio Wave
Propagation Prediction Service)</b></font>
<br><br>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;> ▶ <a href="postform.php"><font size="4"
color="blue">점대점 전파예보(point-to-point prediction)</font></a>
<p><p>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;> ▶ <a href="area_postform.php"><font size="4"
color="blue">점대지역 전파예보(point-to-area prediction)</font></a>
<!--
<br><br><br>
<b> * <a href="#"><font size="4" color="navy">월간 HF 통신 예보(Monthly
Frequency Plan Prediction)</font></a></b>
//-->
<br><br><br>
<font size="4" color="black"><b> * 전리층 관측 데이터</b></font>
<p><p>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;> ▶ <a href="fof2.php"><font size="4" color="blue">FoF2
Search</font></a>
<p><p>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;> ▶ <a href="Tindex.html"><font size="4"
color="blue">T-index</font></a>
<br><br><br>
<b> * <a
href="http://www.ips.gov.au/Main.php?CatID=6&SecID=2&SecName=Asia&SubSecID=2&SubSecName=Ionospheric%20Map" target="blank"><font size="4"
color="navy">Ionospheric Map(일본 관측 데이터)</font></a></b>
<br><br><br>
<b> * <a href="help/help.htm" target="blank"><font size="4"
color="navy">도움말(Help)</font></a></b>
</body>
```

## 2. 점대점 전파예보(파일명 : postform.php)

```
<?
require_once("UserFunc.php");

$CFGFile = "config.php";
if(file_exists($CFGFile)) {
    require($CFGFile);
} else {
    error("NotFoundConfigFile");
    exit;
}

require_once("header.php");

$db = mysql_select_db($dbName);
if(!$db) {
    error("FAILED_TO_SELECT_DB");
    exit;
}
?>

<script language="javascript">
<!--
function checkIt(form) {
    if(!form.Year.value) {
        alert("연도를 선택하세요!");
        form.Year.focus();
        return;
    }
    if(!form.Month.value) {
        alert("월을 선택하세요!");
        form.Month.focus();
        return;
    }
    if(!form.Day.value) {
        alert("일을 입력하세요!");
        form.Day.focus();
    }
}
```



```

        return;
    }
    if(!form.Hour.value) {
        alert("시간을 입력하세요!");
        form.Hour.focus();
        return;
    }
    if(!form.Index.value) {
        alert("지수를 입력하세요!");
        form.Index.focus();
        return;
    }
    if(!form.IndexSC.value || form.IndexSC.value == 'cf') {
        alert("지수를 선택하세요!");
        form.IndexSC.focus();
        return;
    }
    if(!form.TxLat.value) {
        alert("송신지의 북위를 입력하세요!");
        form.TxLat.focus();
        return;
    }
    if(!form.TxLong.value) {
        alert("송신지의 동경을 입력하세요!");
        form.TxLong.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxLat.value <= 90 && form.TxLat.value >= -90)) {
        alert("위도 입력 범위는 -90 ~ 90 입니다.");
        form.TxLat.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxLong.value <= 180 && form.TxLong.value >= -180)) {
        alert("경도 입력 범위는 -180 ~ 180 입니다.");
        form.TxLong.focus();
        return;
    }
    if(!form.RxLat.value) {

```

```

        alert("수신지의 북위를 입력하세요!");
        form.RxLat.focus();
        return;
    }
    if(!form.RxLong.value) {
        alert("수신지의 동경을 입력하세요!");
        form.RxLong.focus();
        return;
    }
    if(!(form.RxLat.value <= 90 && form.RxLat.value >= -90)) {
        alert("위도 입력 범위는 -90 ~ 90 입니다.");
        form.RxLat.focus();
        return;
    }
    if(!(form.RxLong.value <= 180 && form.RxLong.value >= -180)) {
        alert("경도 입력 범위는 -180 ~ 180 입니다.");
        form.RxLong.focus();
        return;
    }
    if(!form.Path.value || form.Path.value == 'cf') {
        alert("경로를 선택하세요!");
        form.Path.focus();
        return;
    }
    if(!form.frequency.value) {
        alert("주파수를 입력하세요!");
        form.frequency.focus();
        return;
    }
    if(form.frequency.value) {
        value = form.frequency.value.split(",");
        for(i = 0; value[i]; i++) {
            if(!(value[i] > 0)) {
                alert("주파수는 실수값입니다. \n\n콤마(,)로 구분하여
빈칸 없이 입력하세요!");
            }
            form.frequency.focus();
            return;
        }
    }

```

```

        if(i == 20) {
            alert("주파수는 20개 이상 입력하실 수
없습니다!");

            form.frequency.focus();
            return;
        }
    }
}
if(form.mode.value != 'station') {
    if(form.stat.value == 'cf') {
        alert("장비 구성을 선택하세요!");
        form.stat.focus();
        return;
    }
}
if(form.mode.value == 'station') {
    if(!form.TxPower.value) {
        alert("송신 출력을 입력하세요!");
        form.TxPower.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxPower.value > 0)) {
        alert("송신 출력은 정수로 입력하세요!");
        form.TxPower.focus();
        return;
    }
    if(!form.band.value) {
        alert("대역폭을 입력하세요!");
        form.band.focus();
        return;
    }
    if(!(form.band.value > 0)) {
        alert("대역폭은 정수로 입력하세요!");
        form.band.focus();
        return;
    }
    if(!form.SN.value) {
        alert("신호 대 잡음을 입력하세요!");
    }
}

```

```

        form.SN.focus();
        return;
    }
    if(!(form.SN.value >= -99 && form.SN.value <= 300)) {
        alert("신호 대 잡음의 범위는 -99 ~ 300 입니다!");
        form.SN.focus();
        return;
    }
    if(!form.angle.value) {
        alert("최저 송신 각도를 입력하세요!");
        form.angle.focus();
        return;
    }
    if(!(form.angle.value >= 0 && form.angle.value <= 89)) {
        alert("최저 송신 각도의 범위는 0 ~ 89 입니다!");
        form.angle.focus();
        return;
    }
    if(!form.PerDay.value) {
        alert("일일 전파 유지율을 입력하세요!");
        form.PerDay.focus();
        return;
    }
    if(!(form.PerDay.value >= 0 && form.angle.value <= 99)) {
        alert("일일 전파 유지율의 범위는 0 ~ 99 입니다!");
        form.PerDay.focus();
        return;
    }
}
if(form.mode.value != "station"){
    ref = "post.php?Year=" + form.Year.value + "&Month=" +
form.Month.value + "&Day=" + form.Day.value + "&Hour=" + form.Hour.value +
"&Index=" + form.Index.value + "&IndexSC=" + form.IndexSC.value + "&TxCity="
+ form.TxCity.value + "&TxLat=" + form.TxLat.value + "&TxLong=" +
form.TxLong.value + "&RxCity=" + form.RxCity.value + "&RxLat=" +
form.RxLat.value + "&RxLong=" + form.RxLong.value + "&Path=" +
form.Path.value + "&select=" + form.select.value + "&frequency=" +
form.frequency.value + "&stat=" + form.stat.value;

```

```

    } else {
        ref = "post.php?Year=" + form.Year.value + "&Month=" +
form.Month.value + "&Day=" + form.Day.value + "&Hour=" + form.Hour.value +
"&Index=" + form.Index.value + "&IndexSC=" + form.IndexSC.value + "&TxCity="
+ form.TxCity.value + "&TxLat=" + form.TxLat.value + "&TxLong=" +
form.TxLong.value + "&RxCity=" + form.RxCity.value + "&RxLat=" +
form.RxLat.value + "&RxLong=" + form.RxLong.value + "&Path=" +
form.Path.value + "&select=" + form.select.value + "&frequency=" +
form.frequency.value + "&mode=station&stat=" + form.stat.value + "&TxPower="
+ form.TxPower.value + "&TxPowerSC=" + form.TxPowerSC.value + "&TxAn=" +
form.TxAn.value + "&RxAn=" + form.RxAn.value + "&noise=" + form.noise.value +
"&band=" + form.band.value + "&SN=" + form.SN.value + "&angle=" +
form.angle.value + "&PerDay=" + form.PerDay.value;
    }
    goToURL(ref);
}
function ZipWindow(ref,what) {
    var window_left = (screen.width-640)/2;
    var window_top = (screen.height-480)/2;
    if(what == 3){
        if(document.everything.Day.value == '' ||
document.everything.Hour == '') {
            alert("일과 시를 입력하세요");
            return;
        } else {
            if(!(document.everything.Day.value >= 1 &&
document.everything.Day.value <= 31)) {
                alert("일을 확인하시고 다시 입력하세요");
                return;
            }
            if(!(document.everything.Hour.value >= 1 &&
document.everything.Hour.value <= 24)) {
                alert("시를 확인하시고 다시 입력하세요");
                return;
            }
        }
        ref = ref + "?what=" + what + "&Month=" +
document.everything.Month.value + "&Hour=" + document.everything.Hour.value +

```

```

"&Day=" + document.everything.Day.value + "&Year=" +
document.everything.Year.value;
    } else {
        ref = ref + "?what=" + what;
    }
    window.open(ref,"zipWin",'width=550,height=200,status=no,top=' +
window_top + ',left=' + window_left + ');
    }
function goToURL(ref) {

window.open(ref,'1024x768','toolbar=yes,status=yes,scrollbars=yes,location=yes,m
enubar=yes,directories=yes');
}
//-->
</script>

```

```

<body bgcolor="<?echo("$BGColor")?>">
<br><br>
<center><font size="5" color="gray"><b>♣ 점대점 전파예보(point-to-point
prediction) ♣</b></font></center>
<br><br>
<form name="everything" method="post"
action="post.php?mode=<?echo($mode)?>">
<table width="560" border="3" cellpadding="5" cellspacing="10" align="center"
bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
<tr>
    <td bgcolor="<?echo("$OutsideBG")?>">
        <table width="530" border="0" cellpadding="5"
align="center">
            <tr bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
                <td width="105" bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"></td>
                <td width="60"></td>
                <td width="100" align="center"
bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"></td>
                <td width="80" align="left" valign="center"></td>
                <td width="100" align="center"
bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"></td>
                <td width="80" valign="center"></td>

```







[illegible]

[illegible]



```
color="black">장비 구성(Station Configuration)&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<br>
    <select name="stat" size="1">
        <option value="cf">선택</option>
<?>
if($stat == '1') {
    echo("<option selected value=1>Default1</option>");
    echo("<option value=2>Default2</option>");
    echo("<option value=3>사용자 입력</option>");
} else if($stat == '2') {
    echo("<option value=1>Default1</option>");
    echo("<option selected value=2>Default2</option>");
    echo("<option value=3>사용자 입력</option>");
} else if($stat == '3') {
    echo("<option value=1>Default1</option>");
    echo("<option value=2>Default2</option>");
    echo("<option selected value=3>사용자 입력</option>");
} else {
    echo("<option value=1>Default1</option>");
    echo("<option value=2>Default2</option>");
    echo("<option value=3>사용자 입력</option>");
}
?>

        </select>
        <input type="hidden" name="mode"
value=<?echo($mode)?>></td>
    </tr>
<?>
if($mode == "station") {

$query = "SELECT * FROM station where statid = '$stat'";
$result = mysql_query($query);
if (!$result) {
    error("QUERY_ERROR");
    exit;
}
list($statid,$TxPower,$TxPowerSC,$TxAnc,$RxAnc,$noise,$band,$SN,$angle,$PerDay)
= mysql_fetch_row($result);
?>
```

```

<tr bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
    <td align="left" colspan="6"><font type="돋움" size="2"
color="black">송신 출력(Tx Power)&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<input type="text"
name="TxPower" size="5" value="<?echo($TxPower)?>"&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<
    <select name="TxPowerSC" size="1">
        <option value="W">W
        <option value="kW">kW
    </select>
</td>
</tr>
<tr bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
    <td align="left" colspan="6"><font type="돋움" size="2"
color="black">송신 안테나(Tx Antenna)&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<
    <select name="TxAn" size="1">
<?
$query = "SELECT antid FROM antenna where kind = '$TxAn'";
$result = mysql_query($query);
if (!$result) {
    error("QUERY_ERROR");
    exit;
}list($TxAn) = mysql_fetch_row($result);

$query = "SELECT * FROM antenna";
$result = mysql_query($query);
if (!$result) {
    error("QUERY_ERROR");
    exit;
}
$rows = mysql_num_rows($result);

while($row = mysql_fetch_object($result)) {
    $antid = $row->antid;
    $kind = $row->kind;
    if($antid == $TxAn){
        echo("<option selected value=" . $kind . ">" . $kind .
"</option>");
    } else {
        echo("<option value=" . $kind . ">" . $kind . "</option>");
    }
}

```









```

    }
}
function report(element) {
    var t1 = element.form.frequency;
    t1.value = element.value;
}
function station(element) {
    if(document.everything.mode.value != "station"){
        if(element.value == 3){
            values = document.everything.Year.value.split("a");
            location.href="postform.php?Year=" + values[0] +
"&Month=" + document.everything.Month.value + "&Day=" +
document.everything.Day.value + "&Hour=" + document.everything.Hour.value +
"&Index=" + document.everything.Index.value + "&IndexSC=" +
document.everything.IndexSC.value + "&TxCity=" +
document.everything.TxCity.value + "&TxLat=" + document.everything.TxLat.value
+ "&TxLong=" + document.everything.TxLong.value + "&RxCity=" +
document.everything.RxCity.value + "&RxLat=" + document.everything.RxLat.value
+ "&RxLong=" + document.everything.RxLong.value + "&Path=" +
document.everything.Path.value + "&select=" + document.everything.select.value
+ "&frequency=" + document.everything.frequency.value + "&mode=station&stat="
+ document.everything.stat.value;
        } else if(element.value == 'cf'){
        } else {
            var window_left = (screen.width-640)/2;
            var window_top = (screen.height-480)/2;
            ref = "station.php?stat=" + element.value;

window.open(ref,"zipWin",'width=300,height=345,status=no,top=' + window_top +
',left=' + window_left + '');
        }
    } else {
        values = document.everything.Year.value.split("a");
        location.href="postform.php?Year=" + values[0] + "&Month=" +
document.everything.Month.value + "&Day=" + document.everything.Day.value +
"&Hour=" + document.everything.Hour.value + "&Index=" +
document.everything.Index.value + "&IndexSC=" +
document.everything.IndexSC.value + "&TxCity=" +

```



### 3. 점대지역 전파예보: 파일명 - area\_postform.php)

```
<?
require_once("UserFunc.php");

$CFGFile = "config.php";
if(file_exists($CFGFile)) {
    require($CFGFile);
} else {
    error("NotFoundConfigFile");
    exit;
}

require_once("header.php");

$db = mysql_select_db($dbName);
if(!$db) {
    error("FAILED_TO_SELECT_DB");
    exit;
}

?>

<script language="javascript">
<!--
function checkIt(form) {
    if(!form.Year.value) {
        alert("연도를 선택하세요!");
        form.Year.focus();
        return;
    }
    if(!form.Month.value) {
        alert("월을 선택하세요!");
        form.Month.focus();
        return;
    }
    if(!form.Day.value) {
        alert("일을 입력하세요!");
```

```

        form.Day.focus();
        return;
    }
    if(!form.Hour.value) {
        alert("시간을 입력하세요!");
        form.Hour.focus();
        return;
    }
    if(!form.Index.value) {
        alert("지수를 입력하세요!");
        form.Index.focus();
        return;
    }
    if(!form.IndexSC.value || form.IndexSC.value == 'cf') {
        alert("지수를 선택하세요!");
        form.IndexSC.focus();
        return;
    }
    if(!form.TxLat.value) {
        alert("송신지의 북위를 입력하세요!");
        form.TxLat.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxLat.value <= 90 && form.TxLat.value >= -90)) {
        alert("위도 입력 범위는 -90 ~ 90 입니다.");
        form.TxLat.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxLong.value <= 180 && form.TxLong.value >= -180)) {
        alert("경도 입력 범위는 -180 ~ 180 입니다.");
        form.TxLong.focus();
        return;
    }
    if(!form.TxLong.value) {
        alert("송신지의 동경을 입력하세요!");
        form.TxLong.focus();
        return;
    }
}

```

```

if(!form.North.value) {
    alert("수신 범위의 상한 위도를 입력하세요!");
    form.North.focus();
    return;
}
if(!(form.North.value <= 90 && form.North.value >= -90)) {
    alert("위도 입력 범위는 -90 ~ 90 입니다.");
    form.North.focus();
    return;
}
if(!form.West.value) {
    alert("수신 범위의 좌한 경도를 입력하세요!");
    form.West.focus();
    return;
}
if(!(form.West.value <= 180 && form.West.value >= -180)) {
    alert("경도 입력 범위는 -180 ~ 180 입니다.");
    form.West.focus();
    return;
}
if(!form.East.value) {
    alert("수신 범위의 우한 경도를 입력하세요!");
    form.East.focus();
    return;
}
if(!form.South.value) {
    alert("수신 범위의 하한 위도를 입력하세요!");
    form.South.focus();
    return;
}
if(!(form.South.value <= 90 && form.South.value >= -90)) {
    alert("위도 입력 범위는 -90 ~ 90 입니다.");
    form.South.focus();
    return;
}
if(!(form.East.value <= 180 && form.East.value >= -180)) {
    alert("경도 입력 범위는 -180 ~ 180 입니다.");
    form.West.focus();
}

```

```

        return;
    }
    if(!form.Row.value) {
        alert("Grid Row수를 입력하세요!");
        form.Row.focus();
        return;
    }
    if(!(form.Row.value >= 2 && form.Row.value <= 19)) {
        alert("Grid Row수의 입력 범위는 2 ~ 19 입니다.");
        form.Row.focus();
        return;
    }
    if(!form.Col.value) {
        alert("Grid Column수를 입력하세요!");
        form.Col.focus();
        return;
    }
    if(!(form.Col.value >= 2 && form.Col.value <= 19)) {
        alert("Grid Column수의 입력 범위는 2 ~ 19 입니다.");
        form.Col.focus();
        return;
    }
    if(!form.Path.value || form.Path.value == 'cf') {
        alert("경로를 선택하세요!");
        form.Path.focus();
        return;
    }
    if(!form.frequency.value) {
        alert("주파수를 입력하세요!");
        form.frequency.focus();
        return;
    }
    if(form.frequency.value) {
        value = form.frequency.value.split(",");
        for(i = 0; value[i]; i++) {
            if(!(value[i] > 0)) {
                alert("주파수는 실수값입니다.Wn콤마(,)로 구분하여
빈칸 없이 입력하세요!");
            }
        }
    }

```

```

        form.frequency.focus();
        return;
    }
    if(i == 20) {
        alert("주파수는 20개 이상 입력하실 수
없습니다!");

        form.frequency.focus();
        return;
    }
}
if(form.mode.value != 'station') {
    if(form.stat.value == 'cf') {
        alert("장비 구성을 선택하세요!");
        form.stat.focus();
        return;
    }
}
if(form.mode.value == 'station') {
    if(!form.TxPower.value) {
        alert("송신 출력을 입력하세요!");
        form.TxPower.focus();
        return;
    }
    if(!(form.TxPower.value > 0)) {
        alert("송신 출력은 정수로 입력하세요!");
        form.TxPower.focus();
        return;
    }
    if(!form.band.value) {
        alert("대역폭을 입력하세요!");
        form.band.focus();
        return;
    }
    if(!(form.band.value > 0)) {
        alert("대역폭은 정수로 입력하세요!");
        form.band.focus();
        return;
    }
}

```

```

    }
    if(!form.SN.value) {
        alert("신호 대 잡음을 입력하세요!");
        form.SN.focus();
        return;
    }
    if(!(form.SN.value >= -99 && form.SN.value <= 300)) {
        alert("신호 대 잡음의 범위는 -99 ~ 300 입니다!");
        form.SN.focus();
        return;
    }
    if(!form.angle.value) {
        alert("최저 송신 각도를 입력하세요!");
        form.angle.focus();
        return;
    }
    if(!(form.angle.value >= 0 && form.angle.value <= 89)) {
        alert("최저 송신 각도의 범위는 0 ~ 89 입니다!");
        form.angle.focus();
        return;
    }
    if(!form.PerDay.value) {
        alert("일일 전파 유지율을 입력하세요!");
        form.PerDay.focus();
        return;
    }
    if(!(form.PerDay.value >= 0 && form.angle.value <= 99)) {
        alert("일일 전파 유지율의 범위는 0 ~ 99 입니다!");
        form.PerDay.focus();
        return;
    }
}

if(form.mode.value != "station"){
    ref = "post_area.php?Year=" + form.Year.value + "&Month=" +
form.Month.value + "&Day=" + form.Day.value + "&Hour=" + form.Hour.value +
"&Index=" + form.Index.value + "&IndexSC=" + form.IndexSC.value + "&TxCity="
+ form.TxCity.value + "&TxLat=" + form.TxLat.value + "&TxLong=" +
form.TxLong.value + "&North=" + form.North.value + "&West=" + form.West.value

```



```

+ "&East=" + form.East.value + "&South=" + form.South.value + "&Row=" +
form.Row.value + "&Col=" + form.Col.value + "&Path=" + form.Path.value +
"&select=" + form.select.value + "&frequency=" + form.frequency.value +
"&stat=" + form.stat.value;
    } else {
        ref = "post_area.php?Year=" + form.Year.value + "&Month=" +
form.Month.value + "&Day=" + form.Day.value + "&Hour=" + form.Hour.value +
"&Index=" + form.Index.value + "&IndexSC=" + form.IndexSC.value + "&TxCity="
+ form.TxCity.value + "&TxLat=" + form.TxLat.value + "&TxLong=" +
form.TxLong.value + "&North=" + form.North.value + "&West=" + form.West.value
+ "&East=" + form.East.value + "&South=" + form.South.value + "&Row=" +
form.Row.value + "&Col=" + form.Col.value + "&Path=" + form.Path.value +
"&select=" + form.select.value + "&frequency=" + form.frequency.value +
"&mode=station&stat=" + form.stat.value + "&TxPower=" + form.TxPower.value +
"&TxPowrSC=" + form.TxPowerSC.value + "&TxAn=" + form.TxAn.value +
"&RxAn=" + form.RxAn.value + "&noise=" + form.noise.value + "&band=" +
form.band.value + "&SN=" + form.SN.value + "&angle=" + form.angle.value +
"&PerDay=" + form.PerDay.value;
    }
    goToURL(ref);
}

function ZipWindow(ref,what) {
    var window_left = (screen.width-640)/2;
    var window_top = (screen.height-480)/2;
    if(what == 3){
        if(document.everything.Day.value == '' ||
document.everything.Hour == '') {
            alert("일과 시를 입력하세요");
            return;
        } else {
            if(!(document.everything.Day.value >= 1 &&
document.everything.Day.value <= 31)) {
                alert("일을 확인하시고 다시 입력하세요");
                return;
            }
            if(!(document.everything.Hour.value >= 1 &&
document.everything.Hour.value <= 24)) {
                alert("시를 확인하시고 다시 입력하세요");
            }
        }
    }
}

```

```

        return;
    }
}
ref = ref + "?what=" + what + "&Month=" +
document.everything.Month.value + "&Hour=" + document.everything.Hour.value +
"&Day=" + document.everything.Day.value + "&Year=" +
document.everything.Year.value;
    } else {
        ref = ref + "?what=" + what;
    }
    window.open(ref,"zipWin",'width=550,height=200,status=no,top=' +
window_top + ',left=' + window_left + '');
}

```

```
function goToURL(ref) {
```

```

window.open(ref,'1024x768','toolbar=yes,status=yes,scrollbars=yes,location=yes,m
enubar=yes,directories=yes');
}
//-->
</script>

```

```

<body bgcolor="<?echo("$BGColor")?>">
<br><br><br>
<center><font size="5" color="gray"><b>♣ 점대지역 전파예보(point-to-area
prediction) ♣</b></font></center>
<br><br>
<form name="everything" method="post"
action="post_area.php?mode=<?echo($mode)?>">
<table width="560" border="3" cellspacing="10" cellpadding="5" align="center"
bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
<tr>
    <td bgcolor="<?echo("$OutsideBG")?>">

        <table width="530" border="0" cellspacing="0" cellpadding="5"
align="center">
            <tr bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
                <td width="105" bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"></td>

```



```
$m3 = $row->m3;
$m4 = $row->m4;
$m5 = $row->m5;
$m6 = $row->m6;
$m7 = $row->m7;
$m8 = $row->m8;
$m9 = $row->m9;
$m10 = $row->m10;
$m11 = $row->m11;
$m12 = $row->m12;

if ($my_year == $Year){
    echo("<option selected value=" . $my_year . "a" . $m1 . "," .
$m2 . "," . $m3 . "," . $m4 . "," . $m5 . "," . $m6 . "," . $m7 . "," . $m8 . "," .
. $m9 . "," . $m10 . "," . $m11 . "," . $m12 . ">" . $my_year . "</option>");
} else {
    echo("<option value=" . $my_year . "a" . $m1 . "," . $m2 . "," .
$m3 . "," . $m4 . "," . $m5 . "," . $m6 . "," . $m7 . "," . $m8 . "," . $m9 . "," .
. $m10 . "," . $m11 . "," . $m12 . ">" . $my_year . "</option>");
}
}
?>

</select>&nbsp;&nbsp;&nbsp;월(Month)&nbsp;&nbsp;&nbsp;<select
name="Month" size="1">
<?
for($i = 1; $i < 13; $i++) {
    if($i == $Month){
        echo("<option selected value=" . $i . ">" . $i .
"</option>");
    } else {
        echo("<option value=" . $i . ">" . $i . "</option>");
    }
}
?>

</select>&nbsp;&nbsp;&nbsp;일(Day)&nbsp;&nbsp;&nbsp;
<input type="text" name="Day" size="4" maxlength="2"
value=<?echo($Day)?>&nbsp;&nbsp;&nbsp;시(Hour)&nbsp;&nbsp;&nbsp;
<input type="text" name="Hour" size="4" maxlength="2" value=<?echo($Hour)?>>
```

```

        </td>
    </tr>
    <tr>
        <td bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"><font type="돋움" size="2"
color="black">지수(Index)</font></td>
        <td align="left" bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"><input
type="text" name="Index" size="6" maxlength="4" value="<?echo($Index)?>"></td>
        <td align="center" bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>">
            <select name="IndexSC" size="1">
                <option value="cf">선택</option>
            <?
            if($IndexSC == 'T') {
                echo("<option selected value=T>T</option>");
            /*
                echo("<option value=F10>F10</option>");
                echo("<option value=SSN>SSN</option>");
            } else if($IndexSC == 'F10') {
                echo("<option value=T>T</option>");
                echo("<option selected value=F10>F10</option>");
                echo("<option value=SSN>SSN</option>");
            } else if($IndexSC == 'SSN') {
                echo("<option value=T>T</option>");
                echo("<option value=F10>F10</option>");
                echo("<option selected value=SSN>SSN</option>");      */
            } else {
                echo("<option value=T>T</option>");
            //
            echo("<option value=F10>F10</option>");
            //
            echo("<option value=SSN>SSN</option>");
            }
            ?>
        </select>
        </td>
        <td colspan="3" bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>"><input
type="button" value="T-index Estimator"
onClick="ZipWindow('Tindex.php',3)"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>" colspan="6"><font

```

```

color="black">Base(Tx)</font>&nbsp;&nbsp;&nbsp;<input type="text" name="TxCity"
size="8" value=<?echo($TxCity)?>>&nbsp;&nbsp;&nbsp;
        <font type="돋움" size="2"
color="black">북위(Lat)</font>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;
        <input type="text" name="TxLat" size="6"
value=<?echo($TxLat)?>>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;
        <font type="돋움" size="2"
color="black">동경(Long)</font>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<input type="text" name="TxLong"
size="6" maxlength="8" value=<?echo($TxLong)?>>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;
        <input type="button" value="찾기"
onClick="ZipWindow('zipsearch.php',1)"><input type="hidden"
name="distance"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>" colspan="6"
align="center"><font type="돋움" size="2"
color="black">North&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font><input type="text" name="North"
size="7" maxlength="8" value=<?echo($North)?>></td>
    </tr>
    <tr>
        <td bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>" align="left"><font
type="돋움" size="2" color="black">Side limits(&deg)</font></td><td
bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>" colspan="5" align="center"><font type="돋움"
size="2" color="black">West&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font><input type="text"
name="West" size="7" maxlength="8"
value=<?echo($West)?>>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&
&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;<font type="돋움" size="2"
color="black">East&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font><input type="text" name="East"
size="7" maxlength="8"
value=<?echo($East)?>>&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&
&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&
/td>
    </tr>
    <tr>
        <td bgcolor="<?echo("$InsideBG")?>" colspan="6"
align="center"><font type="돋움" size="2"
color="black">South&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;</font><input type="text" name="South"
size="7" maxlength="8" value=<?echo($South)?>></td>

```

[illegible]

[illegible]











[illegible]

```

        t1.value = values[document.everything.Month.value - 1];
    }
}
function report(element) {
    var t1 = element.form.frequency;
    t1.value = element.value;
}
function report2(element) {
    if(!(element.value >= 2 && element.value <= 19)) {
        alert("입력 범위는 2 ~ 19 입니다.");
        return;
    }
}
function station(element) {
    if(document.everything.mode.value != "station"){
        if(element.value == 3){
            values = document.everything.Year.value.split("a");
            location.href="area_postform.php?Year=" + values[0] +
"&Month=" + document.everything.Month.value + "&Day=" +
document.everything.Day.value + "&Hour=" + document.everything.Hour.value +
"&Index=" + document.everything.Index.value + "&IndexSC=" +
document.everything.IndexSC.value + "&TxCity=" +
document.everything.TxCity.value + "&TxLat=" + document.everything.TxLat.value
+ "&TxLong=" + document.everything.TxLong.value + "&North=" +
document.everything.North.value + "&West=" + document.everything.West.value +
"&East=" + document.everything.East.value + "&South=" +
document.everything.South.value + "&Row=" + document.everything.Row.value +
"&Col=" + document.everything.Col.value + "&Path=" +
document.everything.Path.value + "&select=" + document.everything.select.value
+ "&frequency=" + document.everything.frequency.value + "&mode=station&stat="
+ document.everything.stat.value;
        } else if(element.value == 'cf'){
        } else{
            var window_left = (screen.width-640)/2;
            var window_top = (screen.height-480)/2;
            ref = "station.php?stat=" + element.value;

window.open(ref,"zipWin",'width=300,height=345,status=no,top=' + window_top +

```

```

',left=' + window_left + ');
    }
    } else {
        if(element.value != 'cf'){
            values = document.everything.Year.value.split("a");
            location.href="area_postform.php?Year=" + values[0] +
"&Month=" + document.everything.Month.value + "&Day=" +
document.everything.Day.value + "&Hour=" + document.everything.Hour.value +
"&Index=" + document.everything.Index.value + "&IndexSC=" +
document.everything.IndexSC.value + "&TxCity=" +
document.everything.TxCity.value + "&TxLat=" + document.everything.TxLat.value
+ "&TxLong=" + document.everything.TxLong.value + "&North=" +
document.everything.North.value + "&West=" + document.everything.West.value +
"&East=" + document.everything.East.value + "&South=" +
document.everything.South.value + "&Row=" + document.everything.Row.value +
"&Col=" + document.everything.Col.value + "&Path=" +
document.everything.Path.value + "&select=" + document.everything.select.value
+ "&frequency=" + document.everything.frequency.value + "&mode=station&stat="
+ document.everything.stat.value;
        }
    }
}

function addhandlers(f){
    var change_index = new Function("report1(this)");
    var change_handler = new Function("report(this)");
    var change_station = new Function("station(this)");
    var change_range = new Function("report2(this)");
    var a = f.Year;
    var b = f.Month;
    var c = f.IndexSC
    var e = f.select;
    var g = f.stat;
    var h = f.Row;
    var i = f.Col;
    a.onchange = change_index;
    b.onchange = change_index;
    c.onchange = change_index;
    e.onchange = change_handler;

```





#### 4. 전리층 관측 데이터(foF2 search) : 파일명 - foF2.php

```
<script language="javascript">
<!--
function checkIt(form) {
    if(!form.FMonth.value) {
        alert("월을 선택하세요!");
        form.FMonth.focus();
        return;
    }
    if(!form.FDay.value) {
        alert("일을 선택하세요!");
        form.FDay.focus();
        return;
    }
    if(!form.FHour.value) {
        alert("시를 선택하세요!");
        form.FHour.focus();
        return;
    }
    if(!form.LMonth.value) {
        alert("월을 선택하세요!");
        form.LMonth.focus();
        return;
    }
    if(!form.LDay.value) {
        alert("일을 선택하세요!");
        form.LDay.focus();
        return;
    }
    if(!form.LHour.value) {
        alert("시를 선택하세요!");
        form.LHour.focus();
        return;
    }
    if((form.LYear.value * 365 + form.LMonth.value * 30 + form.LDay.value -
(form.FYear.value * 365 + form.FMonth.value * 30 + form.FDay.value)) > 30) {
        alert("최대 검색 구간은 한 달입니다!");
    }
}
```

```

        form.LYear.focus();
        return;
    }
    form.submit();
}
function saveIt(form) {
    location.href = "down.php?FYear=" + document.fof2.FYear.value +
"&LYear=" + document.fof2.LYear.value + "&FMonth=" +
document.fof2.FMonth.value + "&LMonth=" + document.fof2.LMonth.value +
"&FDay=" + document.fof2.FDay.value + "&LDay=" + document.fof2.LDay.value +
"&LHour=" + document.fof2.LHour.value + "&FHour=" +
document.fof2.FHour.value;
}
//-->
</script>
<?
require_once("UserFunc.php");
//환경설정파일
$config_file = "config.php";
if(file_exists($config_file)){
    require($config_file);
} else{
    error("NOT_FOUND_CONFIG_FILE");
    exit;
}

$db = mysql_select_db($dbName);
if(!$db) {
    error("FAILED_TO_SELECT_DB");
    exit;
}
?>
<body topmargin="0" leftmargin="0" MARGINWIDTH="0" MARGINHEIGHT="0"
bgcolor="#ffffff">
<form name="fof2" method="post" action="fof2.php">
<br><br>
<center><font size="5" color="gray"><b>♣ foF2 Search ♣</b></font></center>
<table width="732" border="0" cellpadding="1" cellspacing="0" align="center">

```

```

<tr valign="top">
<td valign="top"><br>
    <table width="730" align="center">
        <tr align="center">
            <td align="center">
                <tr>
                    <td align="center"><font type="돋움" size="2">
                        <select name="FYear" size="1">
<?
$CurTime = time();
$TimeInfo = getdate($CurTime);
$LastYear = $TimeInfo[year];
if(!$FYear) {
    $LYear = $LastYear;
    $LMonth = $TimeInfo[mon];
    $LDay = $TimeInfo[mday];
    $LHour = $TimeInfo[hours];
    if($TimeInfo[minutes] >= 30){
        $LHour++;
    }
    $FYear = $LYear;
    $FMonth = $LMonth;
    if($FDay != 1){
        $FDay = $LDay - 1;
        $FHour = $LHour;
    } else {
        $FDay = $LDay;
        $FHour = 0;
    }
}
for($i = 1999; $i <= $LastYear; $i++){
    if ($i == $FYear){
        echo("<option selected value=" . $i . ">" . $i . "</option>");
    } else {
        echo("<option value=" . $i . ">" . $i . "</option>");
    }
}
?>

```

```

        </select> 년 <input type="text" name="FMonth" size="2"
maxlength="2" value=<?echo($FMonth)?>> 월
        <input type="text" name="FDay" size="2" maxlength="2"
value=<?echo($FDay)?>> 일
        <input type="text" name="FHour" size="2" maxlength="2"
value=<?echo($FHour)?>> 시 ~ <select name="LYear" size="1">
<?
for($i = 1999; $i <= $LastYear; $i++){
    if ($i == $LYear){
        echo("<option selected value=" . $i . ">" . $i . "</option>");
    } else {
        echo("<option value=" . $i . ">" . $i . "</option>");
    }
}
?>
        </select> 년 <input type="text" name="LMonth" size="2"
maxlength="2" value=<?echo($LMonth)?>> 월
        <input type="text" name="LDay" size="2" maxlength="2"
value=<?echo($LDay)?>> 일
        <input type="text" name="LHour" size="2" maxlength="2"
value=<?echo($LHour)?>> 시 <input type="button" value="찾 기"
onClick="checkIt(this.form)">&nbsp;&nbsp;&nbsp;<input type="button" value="저 장"
onClick="savelt(this.form)"> </td>
    </tr>
</table>
<table width="730" border="2" align="center">
    <tr align="center"> <br>
        <td>년</td>
        <td>월</td>
        <td>일</td>
        <td>시</td>
        <td>foF2</td>
        <td>foF1</td>
        <td>foE</td>
        <td>fxI</td>
        <td>foEs</td>
        <td>fmin</td>
        <td>MUF</td>

```

```

        <td>MD</td>
    </tr>

<?
$query = "select min(id) from fof2_$FYear where month >= $FMonth and day
>= $FDay and hour >= $FHour";
$result= mysql_query($query);
if (!$result) {
    error("QUERY_ERROR");
    exit;
}list($minid) = mysql_fetch_row($result);

$query = "select max(id) from fof2_$LYear where month <= $LMonth and day
<= $LDay and hour <= $LHour";
$result= mysql_query($query);
if (!$result) {
    error("QUERY_ERROR");
    exit;
}list($maxid) = mysql_fetch_row($result);

if($LYear == $FYear){
    $query = "select * from fof2_$LYear where id >= '$minid' and id <=
'$maxid'";
    $result= mysql_query($query);
    if (!$result) {
        error("QUERY_ERROR");
        exit;
    }list($maxid) = mysql_fetch_row($result);

while(list($id,$month,$day,$hour,$fof2,$fof1,$foe,$fxl,$foes,$fmin,$muf,$md) =
mysql_fetch_row($result)){
?>

    <tr>
        <td align="center"><?echo($LYear)?></td>
        <td align="center"><?echo($month)?></td>
        <td align="center"><?echo($day)?></td>
        <td align="center"><?echo($hour)?></td>
        <td align="center"><?echo($fof2)?></td>
        <td align="center"><?echo($fof1)?></td>

```

```

        <td align="center"><?echo($foe)?></td>
        <td align="center"><?echo($fxl)?></td>
        <td align="center"><?echo($foes)?></td>
        <td align="center"><?echo($fmin)?></td>
        <td align="center"><?echo($muf)?></td>
        <td align="center"><?echo($md)?></td>
    </tr>
<?
    }
}
else {
    for($i = $FYear; $i <= $LYear; $i++){
        if($FYear == $i){
            $query = "select * from fof2_$i where id >= $minid";
        }else if($LYear == $i){
            $query = "select * from fof2_$i where id <= $maxid";
        } else {
            $query = "select * from fof2_$i";
        }
    }
    $result= mysql_query($query);
    if (!$result) {
        error("QUERY_ERROR");
        exit;
    }list($maxid) = mysql_fetch_row($result);

    while(list($id,$month,$day,$hour,$fof2,$fof1,$foe,$fxl,$foes,$fmin,$muf,$md) =
    mysql_fetch_row($result)){
?>
<tr>
    <td align="center"><?echo($i)?></td>
    <td align="center"><?echo($month)?></td>
    <td align="center"><?echo($day)?></td>
    <td align="center"><?echo($hour)?></td>
    <td align="center"><?echo($fof2)?></td>
    <td align="center"><?echo($fof1)?></td>
    <td align="center"><?echo($foe)?></td>
    <td align="center"><?echo($fxl)?></td>
    <td align="center"><?echo($foes)?></td>

```

```

        <td align="center"><?echo($fmin)?></td>
        <td align="center"><?echo($muf)?></td>
        <td align="center"><?echo($md)?></td>
    </tr>
    <?
    }
        }
    }
    ?>

    </table><p><p>
    </td>
    </tr>
</table>
<table width="700" border="0" cellpadding="1" cellspacing="0" align="center">
    <tr>
        <td width="350">(KST 시간 기준)</td><td>foF2 : F2층의 임계주파수</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>년 : year</td><td>foF1 : F1층의 임계주파수</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>월 : month</td><td>foE : E층의 임계주파수</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>일 : day</td><td>foEs : Es(스포라딕E층)층의 임계주파수</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>시 : hour</td><td>fmin : 최저사용주파수</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>fxl : Maxium frequency of F-trace</td><td>MD : M-factor,
MUF(D)/fof2, for distance D</td>
    </tr>
    <tr>
        <td>999.9 : 값이 없음</td><td>MUF : 최고사용주파수</td>
    </tr>
</table></body></html>

```

## 5. 전리충 관측 데이터(T-index) : 파일명 - Tindex.html

```
<?
require_once("UserFunc.php");

//환경설정파일
$config_file = "config.php";
if(file_exists($config_file)){
    require($config_file);
} else{
    error("NOT_FOUND_CONFIG_FILE");
    exit;
}

$db = mysql_select_db($dbName);
if(!$db) {
    error("FAILED_TO_SELECT_DB");
    exit;
}
?>
<html>
<head><title>T-index</title></head>
<body>
<br><br>
<center><font size="5" color="gray"><b>♣ T-Index ♣</b></font></center>
<br><br>
<table width="930" border="2" cellspacing="1" cellpadding="0" align="center">
<tr>
<td align="center" width="70">연도</td><td align="center" width="70">1월</td><td
align="center" width="70">2월</td><td align="center" width="70">3월</td><td
align="center" width="70">4월</td><td align="center" width="70">5월</td><td
align="center" width="70">6월</td><td align="center" width="70">7월</td><td
align="center" width="70">8월</td><td align="center" width="70">9월</td><td
align="center" width="70">10월</td><td align="center" width="70">11월</td><td
align="center" width="70">12월</td>
</tr>
<?
$query = "select * from TindexMon";
```





## 6. 도움말(Help) : 파일명 - help.htm

```
<HTML>
<HEAD>
<META NAME="GENERATOR" CONTENT="HTML document by Hwpw 97">
<TITLE>프로그램 사용법</TITLE>
</HEAD>

<BODY>

<P ALIGN=CENTER>
<A NAME="[문서의 처음]"></A><FONT SIZE=5><SPAN
STYLE="font-size:18pt;"><B><FONT FACE="바탕">[프로그램
사용법]</FONT></B></SPAN></FONT>
<BR>
<P><A NAME="Back"></A><FONT SIZE=5><SPAN
STYLE="font-size:18pt;"><B><FONT FACE="바탕">** 바로 가기
**</FONT></B></SPAN></FONT>
<BR>
<P>
<A HREF="#A"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:17pt;"><I><B><FONT
FACE="바탕">A. 소개</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>
<P>
<A HREF="#B"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:17pt;"><I><B><FONT
FACE="바탕">B. 점대점 전파예보(point-to-point
prediction)</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>
<P>
<A HREF="#C"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:17pt;"><I><B><FONT
FACE="바탕">C. 점대지역 전파예보(point-to-area
prediction)</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>
<P>
<A HREF="#D"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:17pt;"><I><B><FONT
FACE="바탕">D. 전리층 관측 데이터</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>
<BR>
<P>
<A HREF="#T"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:16pt;"><I><B><FONT
FACE="바탕">※ 예보 시스템 주요 인자값 입력
범위표</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>
```

```

<BR>
<BR>
<P><A NAME="A"></A><FONT SIZE=4><SPAN
STYLE="font-size:16pt;"><B><FONT FACE="바탕">A.
소개</FONT></B></SPAN></FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">◎ 전파연구소 우주환경예보
홈페이지(http://solaradio.rrl.go.kr)의 메뉴에서 전파 사용자 예보 서비스탭을
선택한다.</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">◎ 전파 사용자 예보 서비스는 크게 전파전달예보 서비스,
전리층 관측 데이터, Ionospheric Map(일본 관측 데이터)로 구성된다.</FONT>
<BR>
<P ALIGN=Center>
<IMG SRC="FAAIK001.JPG" BORDER=1 WIDTH=666 HEIGHT=398 VSPACE=3
ALIGN=Bottom>
<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 1. 전파 사용자 예보 서비스 기본
화면</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">◎ 전파전달예보 서비스는 점대점 전파예보(point-to-point
prediction)과 점대지역 전파예보(point-to-area prediction)로 구성되어
있다.</FONT>
<BR>
<BR>
<P><A NAME="B"></A><FONT SIZE=4><SPAN
STYLE="font-size:16pt;"><B><FONT FACE="바탕">B. 점대점
전파예보(point-to-point prediction)</FONT></B></SPAN></FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">1. 점대점 전파예보(point-to-point prediction) 링크를
누르면 그림 2와 같은 점대점 전파예보시스템 기본 화면이 나타난다.</FONT>
<BR>
<P ALIGN=Center>
<IMG SRC="FAAIK002.JPG" BORDER=0 WIDTH=588 HEIGHT=533 HSPACE=3
VSPACE=3 ALIGN=Bottom>
<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 2. point-to-point 예보시스템 기본
화면</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">2. 예보시각</FONT>

```

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 예보할 연도 및 월, 일, 시간을 차례대로  
입력한다(기본값으로 현재 시각이 보여진다.)</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">3. 지수(index)</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 다음 단계에 있는 지수(index)에서 T를 선택하면  
북반구에서 관측한 월평균 T-index값이 그림 3과 같이 입력된다. 이 때 사용자가  
입력하거나 제공되는 foF2값으로 T-index값을 구하고자 할 때는 T-index  
Estimator를 실행시킨다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK003.JPG" BORDER=0 WIDTH=582 HEIGHT=338 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 3. 선택한 예보시각의 월평균  
T-index 입력</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">4. T-index Estimator</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> T-index Estimator를 실행시키면 아래 그림과 같이  
예보시각의 foF2값이 출력되거나 자료값이 없는 경우에는 그림 4와 같은 팝업창이  
나타난다. 계산 버튼을 누르면 그림 5처럼 T-index 값이 계산되어진다. 계산된  
T-index값을 그대로 사용하면 그림 6처럼 T-index값이 업데이트된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK004.JPG" BORDER=0 WIDTH=574 HEIGHT=237 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 4. T-index Estimator  
팝업창</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK005.JPG" BORDER=0 WIDTH=575 HEIGHT=235 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 5. T-index Estimator 실행  
결과</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK006.JPG" BORDER=0 WIDTH=579 HEIGHT=339 HSPACE=3

VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 6. 계산된 T-index값  
업데이트</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 한편, foF2값이 없는 경우에는 창에 나타난 링크(그림  
7)를 연결하여 일본관측자료를 이용하거나 사용자가 임의로 foF2값을 입력할 수  
있다(단, foF2 < 50MHz). 또는 예보시스템에 입력된 T-index(월평균값)를 그대로  
사용하여 예보할 수도 있다.</FONT>

<BR>

<P><B><FONT FACE="바탕">반드시 예보시간이 입력되어야  
실행가능하다.</FONT></B>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK007.JPG" BORDER=0 WIDTH=574 HEIGHT=235 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 7. 관측된 foF2값이 없는  
경우</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">5. 송신지(Tx)와 수신지(Rx)</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 다시 예보 시스템 기본 화면에서 송신지에 해당되는  
위도와 경도를 입력하거나 전국 주요도시를 선택하고자 할 때에는 [지역검색] 버튼을  
눌러 그림 8처럼 원하는 도시의 이름을 입력한다. 이 때 빈 칸에 도시명을 입력하지  
않고 그림 10처럼 [지역검색] 버튼을 누르면 데이터 베이스에 저장된 도시명이 그림  
11과 같이 모두 출력되므로 선택하여 입력해도 된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK008.JPG" BORDER=0 WIDTH=574 HEIGHT=236 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 8. 특정 도시 위치 정보  
검색</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK009.JPG" BORDER=0 WIDTH=574 HEIGHT=235 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 9. 그림 8. 특정 도시 위치 정보  
검색 결과</FONT>

<BR>

```

<P ALIGN=CENTER>
<IMG SRC="FAAIK010.JPG" BORDER=0 WIDTH=573 HEIGHT=234 HSPACE=3
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>
<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 10. 지역 검색 버튼 실행</FONT>
<BR>
<P ALIGN=CENTER>
<IMG SRC="FAAIK011.JPG" BORDER=0 WIDTH=573 HEIGHT=286 HSPACE=3
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>
<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 11. 지역 검색 버튼 실행
결과</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕"> 그림 9의 [위의 위도와 경도를 입력합니다]버튼을
클릭하면 송신지와 마찬가지로 수신지도 같은 방법으로 위치 정보를 검색하여
입력하면 그림 12처럼 예보시스템의 기본화면의 송신지와 수신지의 위치 정보값으로
입력된다. </FONT>
<BR>
<P ALIGN=CENTER>
<IMG SRC="FAAIK012.JPG" BORDER=0 WIDTH=582 HEIGHT=338 HSPACE=3
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>
<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 12. 예보시스템의 기본화면 송신지와
수신지의 위치 정보 출력</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕"> 이 때 송수신지의 입력범위는 경도는 -180 ~ 180, 위도는
-90 ~ 90이다. 제한범위를 벗어나면 경고메세지가 출력된다.</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">6. 경로</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕"> 경로는 Short와 Long을 선택할 수 있는데
예보범위(거리)가 작으면 Short, 크면 Long을 선택하면 된다.</FONT>
<BR>
<P ALIGN=CENTER>
<IMG SRC="FAAIK013.JPG" BORDER=0 WIDTH=583 HEIGHT=339 HSPACE=3
VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>
<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 13. 경로 선택 </FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕">7. 주파수 대역</FONT>
<BR>
<P><FONT FACE="바탕"> 송수신지의 위치 정보가 입력완료되면 사용할 주파수

```

대역을 선택한다. 그림 9에서와 같이 사용자가 많이 사용하고 편리하게 입력할 수 있도록 햄 아마추어 무선(amateur), 선박통신(beacon), 방송(broadcast), 위성 위치 수신(martime)의 기본 주파수 세트와 사용자가 임의대로 입력할 수 있도록 [사용자입력] 선택 메뉴로 구성되어 있다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=Center>

<IMG SRC="FAAIK014.JPG" BORDER=0 WIDTH=581 HEIGHT=337 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=Bottom>

<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 14. 주파수 대역 선택 결과(햄 아마추어 무선(amateur))</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 사용자가 직접 입력할 때에는 주파수 대역 선택품 아래의 주파수 선택품에 입력하면 된다.</FONT>

<P><FONT FACE="바탕">사용자가 입력하는 경우 주파수세트의 수는 1 ~ 20의 범위 내에서 입력해야 한다. 역시 제한 범위를 벗어나면 경고메세지가 출력된다.</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">8. 장비구성</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 장비 구성 입력폼에서는 기본적으로 default1, default2의 장비 구성이 제공되고 여기서도 사용자가 직접 장비구성을 입력할 수 있다.</FONT>

<P><FONT FACE="바탕">그림 15는 기본적으로 제공되는 장비 구성 default1을 선택했을 때의 구성 내용이다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=Center>

<IMG SRC="FAAIK015.JPG" BORDER=0 WIDTH=318 HEIGHT=382 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=Bottom>

<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 15. 장비구성 default1의 구성 내용</FONT>

<BR>

<P ALIGN=Center>

<IMG SRC="FAAIK016.JPG" BORDER=0 WIDTH=579 HEIGHT=601 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=Bottom>

<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 16. 장비 구성의 사용자 입력 창</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 장비구성을 사용자가 직접 입력할 경우에는 그림 16에서와 같은 선택 창의 하단부의 송신 출력, 송신 안테나, 수신 안테나, 수신지 인공 잡음, 대역폭, 신호 대 잡음, 최저 송신 각도, 일일 전파 유지율을 입력하고

결과 버튼을 누르면 된다.</FONT>

<P><FONT FACE="바탕">이 때 사용자 입력값을 취소하고 싶을 때에는 취소 버튼을 누르면 장비구성만 다시 리&#44379;되어 default1값을 재출력된다.</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 예보시스템에 필요한 주요 인자값을 입력 완료한 후 입력값이 잘못된 경우에는 취소 버튼을 눌러 처음부터 다시 재입력하면 되고 모든 것이 입력 완료되면 결과 버튼을 누르면 예보시스템의 프로그램이 실행되어 원하는 예보값을 얻을 수 있다. 단, 예보시각, 지수, 송수신지, 경로, 주파수 대역, 장비 구성의 자료가 모두 입력된 후에만 프로그램이 실행되며 자료값이 누락되거나 입력 범위에서 벗어나면 그림 17, 그림 18, 그림 19과 같은 경고 메시지가 출력된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK017.JPG" BORDER=0 WIDTH=582 HEIGHT=338 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 17. 주요 인자값 누락되었을 때 경고 메시지</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK018.JPG" BORDER=0 WIDTH=583 HEIGHT=339 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 18. 주요 인자값의 입력 범위가 초과되었을 때 경고 메시지</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK019.JPG" BORDER=0 WIDTH=580 HEIGHT=600 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 19. 장비구성 사용자 입력시 인자값 누락되었을 때 경고 메시지</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">9. 점대점 전파예보 결과 화면</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 예보에 필요한 모든 인자값을 입력하고 결과 버튼을 누르면 그림 20, 21, 22와 같은 HP Frequency Predictions, Frequency Plan Predictions, Best Usable Frequency Predictions 예보 결과 출력된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK020.JPG" BORDER=0 WIDTH=583 HEIGHT=554 HSPACE=3



VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 20. HP Frequency Predictions 결과 화면</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK021.JPG" BORDER=0 WIDTH=621 HEIGHT=430 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 21. Frequency Plan Predictions 결과 화면</FONT>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK022.GIF" BORDER=0 WIDTH=595 HEIGHT=696 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 22. Best Usable Frequency Predictions 결과 화면</FONT>

<BR>

<BR>

<P><A NAME="C"></A><FONT SIZE=4><SPAN

STYLE="font-size:16pt;"><B><FONT FACE="바탕">C. 점대지역 전파예보(point-to-area prediction)</FONT></B></SPAN></FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK023.JPG" BORDER=0 WIDTH=586 HEIGHT=642 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 23. point-to-area 예보시스템 기본 화면</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">1. 예보시각, 지수, 송신지, 경로, 주파수 대역, 장비구성 입력은 점대점 전파예보와 동일하다.</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">2. Side limits(수신 범위)</FONT>

<P><FONT FACE="바탕">송신지 입력처럼 입력제한 범위는 경도는 -180 ~ 180, 위도는 -90 ~ 90으로 수신범위의 경계값을 입력하면 된다. North와 South는 위도값을, West와 East는 경도값을 입력하면 된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK024.JPG" BORDER=0 WIDTH=583 HEIGHT=447 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 24. 주요 인자값 입력의 예</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">3. Prediction grid</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> grid의 개수를 결정할 때 row, column 수는 2 ~ 19의 범위값을 입력해야 하며 범위를 벗어났을 때에는 그림 22처럼 경고 메시지가 출력된다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK025.JPG" BORDER=0 WIDTH=581 HEIGHT=446 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 25. Prediction grid입력시 입력 범위 초과 경고창</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">4. 점대지역 전파예보 결과 화면</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> 예보에 필요한 모든 인자값을 입력하고 결과 버튼을 누르면 그림 26의 텍스트 출력 결과와 그림 27과 같은 예보 영상이 예보시간을 기준으로 하여 24시간 동안의 그림 파일이 생성되어 출력되면 선택하여 확인할 수 있다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK026.JPG" BORDER=0 WIDTH=610 HEIGHT=230 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 26. 점대지역 예보 결과 화면</FONT>

<BR>

<P ALIGN="CENTER">

<IMG SRC="FAAIK027.JPG" BORDER=0 WIDTH=612 HEIGHT=382 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN="BOTTOM">

<P ALIGN="CENTER"><FONT FACE="바탕">그림 27. 점대지역 예보 결과 시간별 영상</FONT>

<BR>

<BR>

<P><A NAME="D"></A><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:16pt;"><B><FONT FACE="바탕">D. 전리층 관측 데이터</FONT></B></SPAN></FONT>

<BR>

<P><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><B><FONT FACE="바탕">1.

foF2 research</FONT></B></SPAN></FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">가. 1999년부터 2002년까지 매 1시간마다 전파연구소에서 관측한 foF2 자료값(서울 기준)을 검색할 수 있으며 앞으로 계속 업데이트될 예정이다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK028.JPG" BORDER=0 WIDTH=603 HEIGHT=605 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 28. foF2 search의 자료 기본 출력 결과</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">나. 기본값으로 현재시각을 기준으로 한 1일 동안의 자료값이 그림 28처럼 보여진다. 자료에 대한 설명은 하단부의 주석을 참조하면 된다. 이때 자료 테이블에 999.9로 출력되는 값은 관측자료값이 없는 경우임을 의미한다.</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">다. foF2값이 제공되지 않는 1999년 전의 경우에는 사용자 전파예보서비스의 메뉴의 일본관측데이터 링크를 검색하여 이용할 수 있다.</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">라. 검색 구간을 선택한 후에 찾기 버튼을 누르면 검색 구간 동안의 자료값이 브라우저에 출력되고, 그림 29, 그림 30처럼 저장 버튼을 누르면 텍스트 형식으로 다운로드할 수 있다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK029.JPG" BORDER=0 WIDTH=474 HEIGHT=184 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 29. foF2 자료 다운로드 진행</FONT>

<BR>

<P ALIGN=CENTER>

<IMG SRC="FAAIK030.JPG" BORDER=0 WIDTH=511 HEIGHT=282 HSPACE=3 VSPACE=3 ALIGN=BOTTOM>

<P ALIGN=CENTER><FONT FACE="바탕">그림 30. foF2 자료 텍스트 파일로 저장</FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕">마. 최대한으로 검색 가능한 구간은 한 달로 설정되어 있어 검색구간이 30일 이상으로 설정된 경우에는 그림 31과 같은 경고창이

보여진다.</FONT>

<BR>

<P ALIGN=Center>

<IMG SRC="FAAIK031.JPG" BORDER=0 WIDTH=439 HEIGHT=169 HSPACE=3  
VSPACE=3 ALIGN=Bottom>

<P ALIGN=Center><FONT FACE="바탕">그림 31. 검색 구간 입력 초과  
경고창</FONT>

<BR>

<P><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><B><FONT FACE="바탕">2.  
T-index</FONT></B></SPAN></FONT>

<BR>

<P><FONT FACE="바탕"> T-index는 태양활동효과를 나타내는 전리층 지수(범위 :  
-50 ~ 200)로서 제공되는 T-index값은 북반구(Northern Hemisphere)에서 한달  
동안 평균한 값이다.</FONT>

<BR>

<BR>

<BR>

<P ALIGN=Center><A NAME="T"></A><B>&lt;<FONT FACE="바탕">참고 : 예보  
시스템 주요 인자값 입력 범위&gt;</FONT></B>

<P ALIGN=Center>

<Center>

<Table BORDER=1 CELLPADDING=2 WIDTH=724 HEIGHT=513>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>

<P ALIGN=Center><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT  
FACE="바탕">항목</FONT></SPAN></FONT></TD>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>

<P ALIGN=Center><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT  
FACE="바탕">인자</FONT></SPAN></FONT></TD>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>

<P ALIGN=Center><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT  
FACE="바탕">입력 범위</FONT></SPAN></FONT>

<P ALIGN=Center><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT  
FACE="바탕">(단위 제외)</FONT></SPAN></FONT></TD>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>

<P ALIGN=Center><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT  
FACE="바탕">비고</FONT></SPAN></FONT></TD>

<TR>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>

<p align="center">&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;지수&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;T-index&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;-50 ~ 200&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;공통&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TR&gt;</p>
<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%&gt;</p>	<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;T-index Estimator&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>
<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>	<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;foF2&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>
<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>	<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt; 50&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>
<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%&gt;</p>	<p align="center">&lt;BR&gt;&lt;/TD&gt;</p>
<p align="center">&lt;TR&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;송수신지&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;위도&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%&gt;</p>
<p align="center">&lt;P ALIGN=CENTER&gt;&lt;FONT SIZE=4&gt;&lt;SPAN STYLE="font-size:15pt;"&gt;&lt;FONT FACE="바탕"&gt;-90(S) ~ 90(N)&lt;/FONT&gt;&lt;/SPAN&gt;&lt;/FONT&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%&gt;</p>
<p align="center">&lt;BR&gt;&lt;/TD&gt;</p>	<p align="center">&lt;TR&gt;</p>
<p align="center">&lt;TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%&gt;</p>	<p align="center">&lt;BR&gt;&lt;/TD&gt;</p>

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">경도</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">-180(W) ~ 180(E)</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>	 </TD>
<TR>	
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">주파수 대역</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">세트수</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">1 ~ 20</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>	 </TD>
<TR>	
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">장비 구성</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">송신 출력</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">사용자(&gt; 0)</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>	 </TD>
<TR>	
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>	 </TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>	<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT FACE="바탕">대역폭</FONT></SPAN></FONT></TD>

```

<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">사용자(&gt; 0)</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<BR></TD>
<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<BR></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">신호 대 잡음</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">-90 ~ 300</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<BR></TD>
<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<BR></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">최저 송신 각도</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">2 ~ 89</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<BR></TD>
<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<BR></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">일일 전파 유지율</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=CENTER><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><FONT
FACE="바탕">1 ~ 99</FONT></SPAN></FONT></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<BR></TD>

```

```

<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">Prediction grid</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">Rows</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">2 ~ 19</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">point-to-area</Font></span></Font></TD>
<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<BR></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">Columns</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">2 ~ 19</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<BR></TD>
<TR>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=27%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">foF2 Research</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">검색기간</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=25%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">30일</Font></span></Font></TD>
<TD VALIGN=MIDDLE WIDTH=21%>
<P ALIGN=Center><Font size=4><span style="font-size:15pt;"><Font
FACE="바탕">foF2 Research</Font></span></Font></TD>
<CAPTION ALIGN=BOTTOM>

```



</CAPTION>

</TABLE>

</CENTER>

<BR>

<P ALIGN=RIGHT>

<A HREF="#Back"><FONT SIZE=4><SPAN STYLE="font-size:15pt;"><I><B><FONT  
FACE="바탕">처음으로 돌아가기</FONT></B></I></SPAN></FONT></A>

</HTML>