우주시스템과 우주연구업무의 주파수공유에 관한 연구

(WRC2000 의제 1.16 및 1.17 관련)

1999. 12

연구책임자 전파자원연구과 이황재
연 구 원 전파자원연구과 배석희

요 약 문

71GHz이상의 주파수 대역에 대한 연구는 국내 전파천문분야의 주파수사용 현황, 향후계획, 주파수 대역별 연구현황을 분석결과 85-175 GHz 대역에서의 전파천문업무, 오존관측업무에 대해 현재 사용중이며 가까운 시일 내에 실시될 200-275 GHz 대역의 전파천문업무 보호가 WRC2000에서 이루어져야 한다는 관점이며 18.6-18.8GHz 주파수 대역에서의 FS 및 FSS는 EESS의 1차 업무로의 조정에 대해 고려되어야 하며 우리 나라의 경우 ITU-R 연구결과와 함께 WRC2000 회의에 대한 의견은 없으나 지구탐사 위성업무(수동)과 우주업무(수동)등에 전세계적인 고려가 있어야 할 것이다.

SUMMARY

In republic of korea, the frequency band ranges are currently used at 85 175GHz for the radio astronomy services and measurements of mesospheric ozone, and which will be used in the near future at 200 310GHz and 200 280GHz for the radio astronomy services and mesospheric ozone, respectively. The Korean view for this agenda item 1.16 of WRC-2000 is to protect the above frequencies for the corresponding services.

FS and FSS in the band 18.6 18.8 GHz should be protected from the restrictions due to the upgrading of EESS to the primary basis. Therefore, further studies are necessary to reach an agreement to obtain an appopriate value of pfd. The Republic of Korea proposes no change (NOC) to the agenda item 1.17 of WRC-2000. To consider possible worldwide allocation for the earth exploration-satellite(passive) and space research(passive) services in the band 18.6 18.8GHz, taking into account the results of the ITU-R studies

목 차

제 1 장 서 론

제 1 절 연구배경

1. 연구배경

2000년 터어키의 이스탄불에서 열릴 WRC2000회의에 앞서 ITU-R 각 연구반별 현안 의제에 대한 국가차원의 대응전략 필요하며 ITU-R을 중심으로 한 새로운 전파기술 연구가 확대, 강화되고 있어 이에 따른 준비 연구가 1998년부터 단계적으로 진행되고 있다. 이와 같은 단계적인 진행은 1998년 11월에 끝난 WRC2000 국제 준비회의인 CPM 1차 회의와 11월에 진행중인 2차 회의가 있으며 아·태 지역의 경우는 아·태 지역의 의견을 공동으로 수렴하기 위해 APG2000 회의가 3차 회의까지 진행되고 있다. 이렇게 각 연구 분야별 활동이 활발히 진행되고 있는 가운데 특히 우주과학분야인 ITU-R SG7 연구분야는 우주시스템과 우주연구업무가 새롭게 부각되고 있는 이동통신 및 고정통신 관련 업무와 주파수 공유문제 및 할당문제에 관해 심각한 논의의 대상이 되고 있다. 따라서 연구의 시급성에 따라 SG7 연구분야에서는 전파천문분야인 의제 1.16과 기상업무 및 기상 원조 업무분야인 1.17이 선정되었으며 그에 따른 전문성이 국내에서도 필요하게 되어 전문가 집단을 형성, 주파수 공유 및 할당에 관한 연구가 진행 중이다.

2. 연구내용

의제 1.16 인 71GHz이상의 주파수 대역에 대한 연구는 국내 전파천문분야의 주파수사용 현황과 향후 연구 동향 등에 대한 자료수집과 국내외 전파천문분야 주파수이용 현황 및 향후계획, 주파수 대역별 연구현황을 분석하는 것이다 더불어 전파통신과 능동 또는 수동 시스템과의 주파수 공동사용 또는 분배와 관련된 자료를 수집, 검토, 분석한다. 이와함께 71GHz 이상의 대역에 대한 국가별, 사용대상별 주파수 분배 또는 공유문제 검토안도 작성할 것이다.

의제 1.17의 18.6-18.8GHz 주파수 대역에 관한 연구는 각종 시스템간의

주파수사용 및 분배에 대한 기초자료를 수집함으로써 우주 시스템의 주파수 이용계획에 대한 검토분석자료 작성, 지구탐사위성(수동) 및 우주연구업무용 주파수분배 가능성 검토 및 검토자료를 작성한다. 지구탐사위성(수동)에 탑재되는 센서, 주파수 영역 및 대역 폭, 성능 등에 대한 일반적인 특성을 검토하여 주파수 분배 및 이용계획에 대한 기초자료로 활용한다.

제 2 절 '98년 2000년 ITU-R SG7 연구

1997년 WRC-97 이후에 SG7(Study Group)에 남겨진 의제는 크게 우주과학업무용 주파수 대역의 확대 및 지구환경 문제와 관련 지구 탐사위성의 이용범위 확대, WARC-92 및 WRC-95에서 결의를 통해 수행되고 있는 지구탐사 위성, 기상위성, 우주연구 및 운용에 대한 타 업무와의 주파수 공유 연구 등이었다.

표 1-1 SG7의 각 WP(Working Party)의 임무

세부 연구그룹	관련업무 및 연구 분야
WP7A	표준시각 신호 및 주파수의 송출 - 주파수 및 시간신호의 표준에 대한 실효성 연구 - 표준주파수 및 시간신호의 이용 및 개선
WP7B	우주전파시스템(우주연구, 데이터 중계 및 우주탐사) - 전파천문 분야 관측 및 연구에 있어서의 주파수 이용 및 타 우주업무와의 주파수 공유
WP7C	지구탐사 위성 및 기상 위성 시스템 - 지구탐사 우주연구 및 기상 관측 위성의 주파수 이용 및 타 우주연구 업무와의 주파수 공유
WP7D	WRC 준비 - WRC, CPM, APT 등 국가간 주파수 이용 및 조정에 관한 기술적 검토 및 제안

참고로 SG7의 주 연구분야는 우주과학업무로 우주과학, 지구탐사, 기상측정 및 이와 관련된 위성간의 서비스를 위한 무선 링크 등의 연구와 전파천문학 및 레이더 천문학, 표준주파수 및 표준시각신호의 전송과 수신의 국제

적 조정 역할과 이에 관련된 위성이용기술 연구 등이다. 이러한 연구분야는 크게 4개의 세부 연구그룹으로 다시 정의되며 크게 WP7A, WP7B, WP7C, WP7D로 표 1-1과 같이 구분할 수 있다.

이 분야 중 연구과제 분류에 따라 선정된 SG7의 연구과제는 총 48개 과제며 우선 순위 및 긴급성에 따라 정해진 C1, C2과제는 총 15개 과제로 선정되었다.

표 1-2 SG7의 연구과제로 분류된 과제수

분류		과제수
C	세계 및 지역 전파통신회의의 결정이나 특별한 준비에 관련된 연구	15
	C1 : 매우 긴급한 우선순위 과제로 다음2년 (회기년도)내의 WRC를 위해 요구됨	7
	C2 : 긴급한 과제로 다른 전파통신회의에서 요구될 것으로 예측	8
S	전권위원회, 전파통신회의, 이사회, 전파규칙위원회에 의해 RA에 위임된 문제, 전파통신 기술 또는 운용의 변경	33
	S1 : 2년 이내에 종료하여야 하는 긴급한 연구과제	3
	S2 : 전파통신의 발전을 위해 필요한 중요한 연구과제	24
	S3 : 전파통신의 발전을 촉진할 것으로 예측되는 연구과제	6

긴급성이 요구되는 과제 중 WRC-2000에 우주과학업무용 주파수 분배와 관련되어 상정된 의제는 7개 과제로 표 1-3과 같으며 이중 215/7과 226/7, 228/7에 대한 과제는 국제적인 관심의제로서 우리 나라와도 무관하지 않은 과제이며 본 연구의 과제이기도 하다. 이 3 과제에 대한 ITU-R 동향은 다른 4개의 과제와 더불어 WRC-2000의 SG7 분야에서 신중히 검토되고 있다.

이와 함께 401 403MHz, 420 470MHz, 0.1 1GHz, 7450 7550MHz, 7750 7900MHz, 8025 8400 MHz, 12.75 13.25GHz, 18.6 18.8GHz, 26GHz, 25GHz, 95 GHz 대역 근처에서의 우주과학업무용 주파수 추가분배 및 1차 업무로의 조정도 검토되고 있다.

표 1-3 WRC-2000에서 논의될 우주과학업무 관련 의제

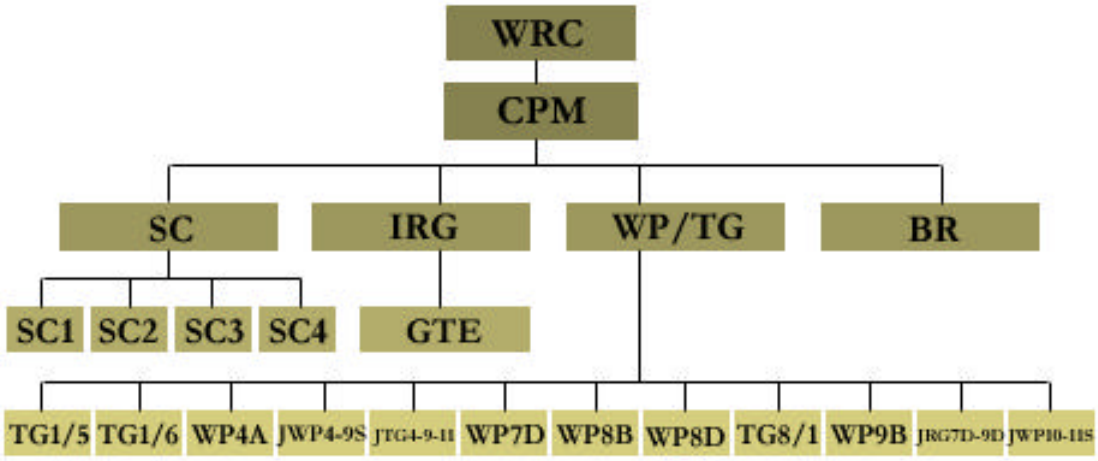
ITU-R 의제	의제
204-1/7	1,675 1,710 MHz 대역의 이동위성업무, 기상위성과 기상원조 업무의 공유
212/7	400 MHz 대역 부근의 우주연구업무와 다른 업무들간의 주파수 공유
215/7	18.6 18.8 GHz 대역의 우주연구업무(수동) 및 지구탐사 위성(수동)과 고정업무(FS) 및 고정위성업무(FSS)간의 주파수공유
217/7	401 403 MHz 대역의 고정, 이동, 우주운용과 측지 원조 업무 시스템, 지구 탐사 및 측지를 위한 위치 자세 시스템과 위성 데이터 수집 업무간의 주파수 공유
219/7	100 MHz 1 GHz 텔레컴과 회선을 위한 우주운용과 우주연구 업무 주파수
226/7	70 GHz 이상 대역의 전파천문업무와 다른 업무사이의 주파수 분배
228/7	70 GHz 이상 대역에서의 우주연구업무(수동)와 지구탐사 위성(수동)을 위한 주파수 선택과 다른 업무와 공유 가능성

제 3 절 WRC 준비 및 ITU-R 연구 추진

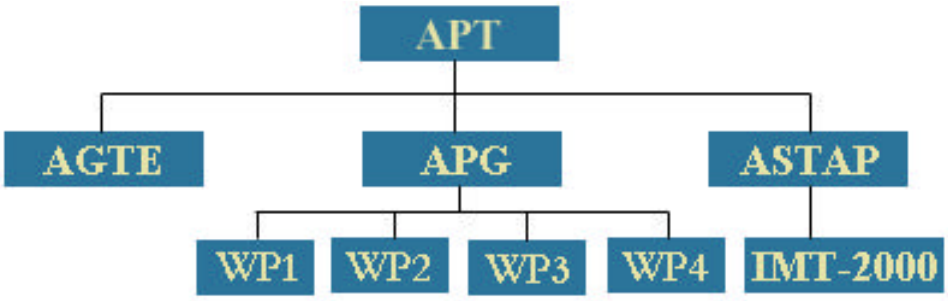
WRC2000의 의제 가운데 긴급성이 요구되는 우주업무관련 의제인 의제 1.16 및 1.17을 중심으로 연구를 수행함으로써 1999년 11월에 열린 CPM99 2차 회의 및 2000년 5월 예정인 RA2000, WRC2000 등 국제회의에 대한 연구지원 업무를 수행하여 왔으며 WRC2000 회의까지 지속적인 지원연구가 진행중 이다. 본 연구는 국내 WRC2000 준비반 활동에 적극 참여함으로서 우리나라의 해당 연구분야의 제안서를 작성하며 국내·외 주파수 이용 및 자원개발에 대한 입장을 정리하는 것이다. 또한 ITU-R SG7 연구과제 가운데 Question 228/7 및 215/7 병행 추진함으로써 연구소내에서 추진중인 한국 ITU-R 연구위원회 및 관련 연구의 효율적인 수행효과를 거둘 예정이다. 각 연구분야의 전문가로 구성된 WRC2000 연구반 활동은 해당 전문인력의 효과적인 활용뿐 아니라 연구내용의 전문성도 확보할 수 있을 것으로 예상된다

참고로 ITU-R에서 현재 운용중인 연구반 구조는 다음과 같다. SC에는 4개의 다시 연구반으로 구성되어있고 IRG는 그림에는 언급되어 있지 않았지

만 현재 2개의 연구반으로 구성되어 있다.



이러한 국제적인 활동을 활발히 하고 특히 제 3지역 국가의 전체적인 의견 수렴을 위해 APT이 설립되었고 그 구조는 다음과 같다.



AGTE는 APT 기술위원회 그룹이며 APG는 APT CPM 준비활동이고, ASTAP는 APT 표준화 프로그램이다. 이중 APG는 다시 4개의 연구반으로 구성되어 있고 ASTAP는 IMT2000에 관한 업무를 수행하고 있다.

국내 WRC2000 준비반의 구조는 WRC2000년을 위해 초기 그림 1-3과 같이 구성했으나 WRC2000년이 다가옴에 따라 그림 1-4와 같이 개편하였다. WG1은 GTE에 관한 연구를 수행하며 WG2에서 WG6는 그림 1-3에서 추진되었던 1연구반에서 7연구반을 RA2000 및 실질 WRC2000회의에 맞게 수정하였다.

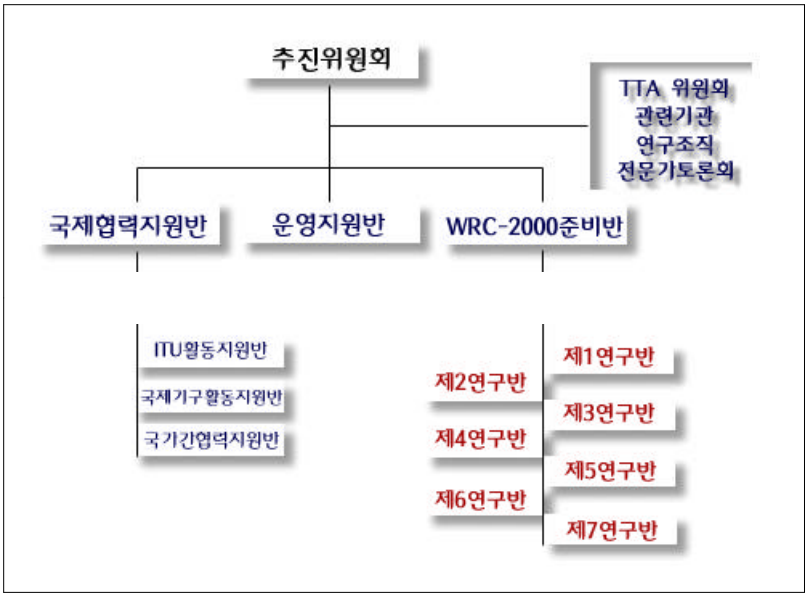


그림 1-3 초기 WRC2000 준비반 구조

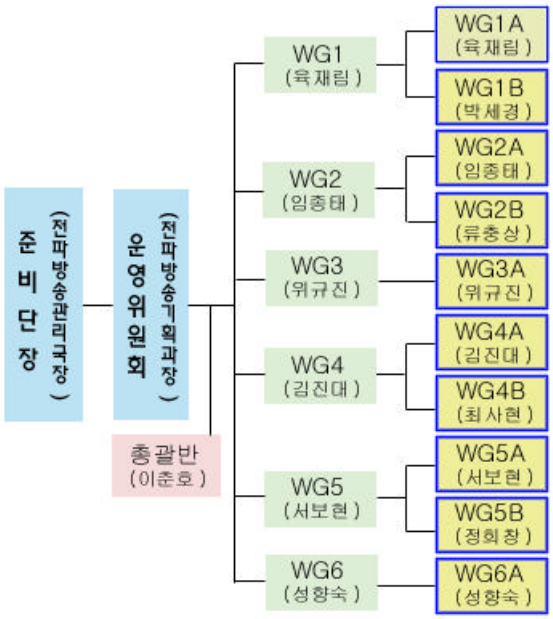


그림 1-4 2000년 5월 RA2000 및 WRC2000을 위한 준비반 구조

특히 ITU-R의 인터넷 자료 수집과 e-mail을 통해 해당 연구과제 관련 WRC2000 의제에 대한 각국의 연구내용 및 관련자료 수집, 분석하여 보고자료 작성하며 ITU-R의 SG7 관련 연구반 회의 참석을 적극적으로 추진하여

해당 연구내용에 대한 국외동향파악, 교류확대 및 국가간 협조 체제를 강화하는 거이다. 이와 함께 국내의 관련정책 참고자료를 수집 정리함으로써 보다 효과적인 연구내용의 전문성 확보 및 전문가 활용이 국내 WRC2000 관련 연구반(4연구반)의 질 높은 연구를 가능하게 할 것이다. 관련 연구반을 통해서는 국제회의 준비 및 우리 나라 제안서 작성, WRC2000 회의 준비를 위하여 해당 주파수 대역에서의 우주 업무간의 주파수공유에 관한 가능성 및 부수 조건에 대한 검토, 주파수 사용현황 및 이용계획에 대한 최종 검토 안을 마련하고 제안서를 작성한다. 또한 각 과제 가운데 WRC2000 연구반 의제인 204-1/7, 217/7 등을 중심으로 ITU-R 및 관련기관, 국가 등의 기고문 및 자료를 수집, 검토, 정리한다. 국제회의와 관련된 준비로는 99. 3월에 열렸던 WP4D 국제회의와 99. 11월 예정인 CPM99 국제회의 참석을 통해 각국의 주파수 이용에 대한 연구동향분석, 자료수집, WRC2000 본회의에 대한 자료를 준비한다. 참고적으로 이와 관련된 추진사항으로 국제 협력 추진위원회 구성이 98년 6월에 결성되어 98년 7월에는 지원 및 연구반별 세부활동계획을 수립하였고 지원 및 연구반별 연구활동 수행을 '98년 7월 수행하여 현재까지 운영하고 있으며 한국 ITU-R 연구위원회 결성 및 연구위원회활동에 대한 연구팀 활동이 98년 9월부터 현재까지 추진하고 있다. 관련 연구반(WRC2000 제 4연구반) 연구원 현황은 한국전자통신연구원, 대전 우송대학교, 전파연구소, 정보통신부, 한국천문연구원, 항공우주연구소, 한국기계연구원의 연구원이 참여하고 있다.

제 2 장 WRC 의제 1.16 연구
(71GHz 이상의 주파수 할당)

제 1 절 1.16의 연구배경 및 주요 이슈

의제 1.16은 70GHz 이상대역의 전파천문업무와 다른 업무사이의 주파수 분배 및 우주연구업무(수동)와 지구탐사 위성(수동)을 위한 주파수 선택과 다른 업무와의 공유가능성에 관한 연구이다. SG7(전파과학 연구분야) WP7D (전파천문연구분야)의 ITU-R Question 226/7과 Question 228/7에서 다루고 있다. SG7의 WP7D에서는 그 동안 고감도의 SIS(Superconductor Insulator Superconductor) 수신기 개발, 실용화하였고, 천문학적으로 중요한 전파 스펙트럼의 발견을 위해 ITU-R 내에서 전파천문대역 설정을 계속적으로 요구하여 왔다. 그 결과 1997년 WRC97회의에서 71GHz 이상의 전파천문학과 같은 수동업무를 위해 주파수 재 할당에 대한 결의문을 받아드렸다. 이후 2000년 WRC2000회의를 통해 새로운 전파천문대역을 제정할 것을 대비에 국제적인 연구가 WRC97이후에 본격적으로 추진되고 있고 우리 나라의 경우 85GHz 이상 대역에 속해 있는 전파 천문업무에 관한 현재의 활동 상황 및 향후 주파수 사용계획을 검토하고 있다. 더불어 전파천문업무에 필요한 주파수 신규할당 및 재조정에 대한 고려사항뿐 아니라 71GHz 대역이상의 지구환경의 계측감시와 연구를 위한 성층권 및 중간권 대기분자들의 전파스펙트럼선의 보호대역에 대한 신규할당, 전파천문업무와 위성탑재제의 구름관측 레이더의 하향링크간의 양립을 위한 운용기술면의 조처에 대한 결정 연구도 이번 WRC2000회의 주제에 포함되어 있어 있다. 비록 전파천문업무를 수행하는 천문대가 수적으로는 적지만 순수 학문적인 중요성과 지구환경 감시를 위한 오존층 및 중간권 대기의 연구의 가치성은 이루 말할 수 없이 중요한 사항이다.

전파천문업무에 대한 연구는 1960년대 3K 우주배경복사의 발견, 펄서의 발견, 퀘이사의 발견 그리고 밀리미터파 대역에서 성간 분자선의 스펙트럼이 발견된 이후 급격한 발전을 거듭하였다. 저 잡음, 고감도의 초전도 SIS

(Superconductor-Insulator-Superconductor) 수신기 개발을 통해 현재 900GHz 대역에 이르는 고 주파수 영역을 측정할 수 있는 전파천문 업무용 수신기 기술을 확보하였다. 이러한 수신기를 통해 매우 미약한 우주전파를 수신함으로써 우주배경복사를 발견하였고, 막대한 에너지를 방출하는 전파은하를 발견하였다. 또한 성간 구름 내에서 일어나는 별 탄생의 과정에 대한 이해에도 도움이 되었을 뿐만 아니라 오존홀 발견을 통한 지구환경보호와 감시를 위한 전파관측 연구와 같은 다양한 연구도 수행하고 있다. 그러나 이 주파수 영역이 고속 통신을 위해 아주 높은 주파수 영역까지 연구가 활발히 진행하고 있기 때문에 전파천문 관측 대역과의 공유문제가 심각하게 대두되고 있다. 그러나 전파천문의 관측대역은 1979년 국제법상 주파수표가 정의된 이래 현재까지 전혀 개정되지 않고 있어 71GHz 이상대역의 주파수 공유 및 할당 문제가 고려되어 왔다.

ITU-R에서는 71GHz에서 275GHz 대역의 천문학 연구 분야별 구별(ITU-R RA 314.8)한 것이 표 2-1이다. 표 2-1은 스펙트럼 분포와 이를 이용한 전파천문 연구를 위해 사용되고 있는 mm파에 대해 ITU에서 할당하고 있는 대역과 실제 사용하고 있는 대역을 보여주고 있다. 표 2-1에서 5번째 열의 P는 전파천문업무가 1차업무로 지정된 경우이며, S는 2차 업무로 지정된 경우를 나타낸다. 그리고 6번째 열은 서비스가 수동으로만 사용되고 있음을 의미한다. 이 표에 나타난 것 처럼 간헐적인 주파수 대역에 전파천문업무가 할당되어 있어 보다 많은 대역이 필요할 실정이다. ITU에서 할당하고 있는 대역에 대해 세계 각국의 전파 천문대에서 실제 주파수를 사용하고 있는 예는 다음과 같다.

IRAM(The Institut de Radioastronomie Millimetrique)는 지름 30m의 mm파 전파망원경을 소유, 스페인의 Pico Veleta에 위치하고 있으며, 70 350GHz 영역에서 동작한다. JCMT (James Clerk Maxwell Telescope)는 지름 15 m의 sub-mm파 전파망원경을 소유하고 있으며, 미국의 Hawaii (Mauna Kea)에 위치하고 있다. 200 900GHz 영역에서 동작한다. NRAO (The National Radio Astronomy Observatory)는 지름12m의 전파망원경으로 미국의 Arizona(Kitt Peak)에 위치하고 있으며, 68 300GHz 영역에서 동작한다. NRO(Nobeyama Radio Observatory는 밀리미터파 망원경으로는 세계 최대의 크기인 지름 45m의 전파망원경으로, 일본의 나가노현의 Nobeyama

에 위치하고 있으며 10 150GHz 영역에서 동작한다.

표 2-1 ITU 71GHz 이상 전파천문서비스 할당

대역	시작주파수 (GHz)	종료주파수 (GHz)	밴드폭 (GHz)	Status	수동	관측Lines
1	86.00	92.00	6.00	P	P	SiO, HCN
2	97.88	98.08	0.20		P	CS
3	105.00	116.00	11.00	P	P	CO lines
4	140.69	140.98	0.29	P		H2CO
5	144.68	144.98	0.30	P		DCN
6	145.45	145.75	0.30	P		H2CO
7	146.82	147.12	0.30	P		CS
8	150.00	151.00	1.00	S		NO, H2CO
9	164.00	168.00	4.00	P	P	
10	174.42	175.02	0.60	S		
11	177.00	177.40	0.40	S		
12	178.20	178.60	0.40	S		
13	181.00	181.46	0.46	S		
14	182.00	185.00	3.00	P	P	H2O
15	186.20	186.60	0.40	S		
16	217.00	231.00	14.0	P	P	CO lines
17	250.00	251.00	1.00	P		
18	257.00	258.00	1.00	S		CH3CN
19	262.24	262.76	0.52	P		SO2
20	265.00	275.00	10.00	P		HCN, HCO+, HNC
21	261.00	265.00	4.00	P		Certain countries only

※ P : Primary(1차업무) S : Secondary(2차업무)

OSO(The Onsala Space Obser vatory)는 지름 20m의 전파망원경으로 스웨덴의 Gothenburg 근처에 위치하고 있으며, 22, 85 116GHz 영역에서 동작한다. SEST(The Swedish ESO Submillimeter Telescope)는 칠레의 La Silla에 위치하고 있으며, 70 350GHz 영역에서 동작한다. 또한 millimetre 영역의 전파망원경을 이용한 천문학연구를 수행중인 나라는 호주, 프랑스, 네덜란드, 영국, 스페인, 스웨덴, 독일, 칠레, 일본, 미국, 우리 나라 등이며 millimetre, submillimeter 파장영역의 측정을 위한 대형 전파망원경의 제작이 여러 나라의 공동작업으로 진행 중이거나 계획 중이다. 이들의 대표적인 것은 MMA(US Millimetre Array) LSA (European Large Southern array), LMSA(Japanese Large Millimetre Submillimetre Array), LMT(Large Millimetre Telescope) 등이 있다.

제 2 절 전파천문업무(RAS)의 이해

전파천문업무(Radio Astronomy Services, RAS)로 사용되는 밀리미터파 대역 및 서브 밀리미터파 대역의 보호에 관해 IUCAF 특별 연구반은 mm/서브mm 스펙트럼의 과학적인 사용에 대해 지속적으로 연구하여 왔으며 광대역 및 분광학적 연속 스펙트럼에 대한 연구도 수행하였다. 또한 밀리미터파 대역에 대한 인접 주파수 커버리지 및 낮은 간섭 threshold에 대한 중요성도 증명하였다. 몇몇 관측소로부터 사용되는 통계적인 스펙트럼은 몇 개의 중요한 스펙트럼선 천이의 첨두 주파수를 보여준다. 그러나 모든 관측자료의 반 이상은 거의 일정하게 주파수 공간에 분포하고 있다. 밀리미터파 전파천문에서 다루어지는 특정한 간섭이 존재하며 이들 대역은 mm파 위성간 통신 및 하향 레이더 자동 충돌회피 레이더를 포함한다. 전파천문에서 요구되는 민감도는 signal 전파에 있어 대기 효과 및 안테나 사이드로브의 반응을 포함한다. IUCAF 특별 연구반은 밀리미터파 전파천문 보호에 대한 다음과 같이 3가지 사항을 결론으로 권고하였다.

o 간섭에 영향이 적은 넓은 대역(GHz의 10배)으로의 접근은 밀리미터파 전파천문 과학에 있어 기본적이다.

o 능동업무 송신은 대기 흡수대역의 끝 부분에서 가장 적합할 수 있다.

o 밀리미터파 대역은 낮은 주파수의 고조파반응에 대해 보호되어져 한다.

지난 반세기이상 밀리미터 및 서브 밀리미터 파 대역에서의 천문연구는

천문학에서 중요한 분야중의 하나로 부각되었다. 이들 대역은 수천 개의 회전 분자선 분광관측을 포함한다. 성간 및 별 주변의 물질의 불가능한 물리적 화학적 조사를 가능하게 한다. 이와 함께 이들 대역은 찬 먼지의 긴 파장 방출과 싱크로트론 방출의 짧은 파장 끝 부분을 포함한다. 또한 이것들은 방출원의 물리적 스펙트럼과 성질을 만드는데 중요하다. 낮은 에너지 현상은 밀리미터 분광영역에서 방출한다. 성간 구름들은 절대온도인 수 십도의 kinetic 온도를 가지고 있으며 가스분자들의 회전 천이 및 낮은 에너지를 방출할 수 있다, 이런 천이에 의한 분광학적 방출은 원칙적으로 방출가스의 함유량, 온도, 속도 구조를 산출할 수 있다. 이러한 양의 유일한 해를 구하기 위해 같거나 다른 형식의 다양한 천이관측을 해야 한다. 이러한 목적으로 위해 70 1000GHz(4.3mm에서 300μm파) 영역의 밀리미터 및 서브 밀리미터 대역을 전파천문 업무영역으로 정의한다. 50에서 67GHz 사이의 산소 대기 분자선의 전체적인 효과로 나타나기 때문에 낮은 주파수 경계가 일어나며 지상으로부터 거의 완전히 차단되어 있다, 이러한 영역은 우주 전파천문관측 영역의 관심사항이기도 하다.

참고로 과학적인 관심으로 우리는 빅뱅이후의 어떠한 일이 일어났으며 우리 우주의 운명은 어떤 것인가? 별과 은하의 생성은 어떻게 만들어졌으며 태양계는 어떻게 생성되었는가? 다른 별들 주위의 지구 같은 행성이 존재하는가? 지구에 있어 생명의 진화 및 발달에 있어 우주의 역할은 무엇이었는가? 별들이 사라지고 사라진 별들의 물질로부터 새로운 별들이 어떻게 다시 생성되는가? 하는 것이다. 환상적이고 기본적인 질문들은 우주를 이해하는데 도움이 되며 천문학자들은 이 같은 해답을 찾기 위해 많은 노력을 하고 있으며 이런 관점에서 최첨단의 전파기술을 이용하는 전파천문학은 이러한 질문에 많은 기여를 하고 있다. 최근 전파천문학의 연구는 별의 생성 및 죽음에 관한 중요한 정보를 제공하고 있으며 빅뱅이후의 외부은하의 형성 및 다른 별 주위의 원시 행성계 및 행성 기원, 블랙홀의 발견, 우주공간의 예측하기 어려운 복잡한 화학구조 및 분자발견 등을 제공하고 있다. 이러한 목적을 위해 70 1000GHz(4.3mm에서 300μm파) 영역의 밀리미터 및 서브 밀리미터 대역을 전파천문 업무영역으로 정의한다. 50에서 67GHz 사이의 산소 대기 분자선의 전체적인 효과로 나타나기 때문에 낮은 주파수 경계가 일어나며 지상으로부터 거의 완전히 차단되어 있다. 이러한 영역은 우주 전파

천문관측 영역의 관심사항이기도 하다.

밀리미터파 전파천문은 천문학의 특별한 영역으로 높은 정밀도와 열적으로 안정된 메커니컬한 구조, 그리고 양자잡음 한계에 근접하는 수신소자의 개발로 전파기술에 있어 신기술 창조를 이끌어 왔다. 또한 거의 100개에 가까운 성간 분자의 낮은 에너지 회전천이가 밀리미터 및 서브 밀리미터파 대역에서 방출하기 때문에 유일한 과학적 정보를 제공하고 있다. 표 2와 표 3에서 각각 나타낸 275GHz 이하 및 이상 대역의 분자 선들은 약 3000개의 이상의 분광선(spectral line)들의 관측결과를 토대로 한 것이다. 이러한 분자선들의 방출은 별의 형성과정과 은하의 구조 및 형성, 별의 소멸과정 등 을 연구하는데 이용되어졌다. 넓고 연속적인 방출은 free-free(bremsstrahlung) 방출, 싱크로트론 방출, 먼지입자로 부터 열 방출 등이 포함된 물리적인 메카니즘으로부터 밀리미터파에서 일어나며 방출된 분광학적 에너지 분포를 결정하고 방출원의 물리적 조건을 규명하는데 매우 중요하지만 일반적으로 이러한 정보는 다른 통신이나 방송과 같은 분야에서는 무의미하다.

밀리미터파 전파천문 업무는 주파수 스펙트럼의 용례와 유용성 측면에서 민감도와 넓은 대역이라는 특별한 카테고리를 요구한다. 전파천문학은 크고 높은 정밀도의 안테나와 극저온의 차가운 전자기기, 긴 관측으로부터 얻을 수 있는 모든 주파수에서 극단적인 민감도가 요구된다. 이런 조건의 관측에서는 아주 미약한 우주신호의 관측 때 나타나는 어느 정도의 임의의 잡음이 허가된다.

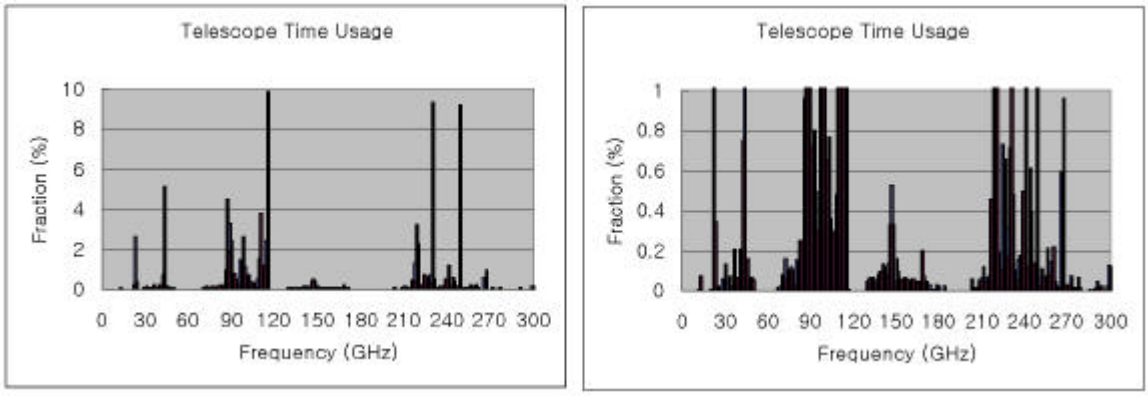
밀리미터파 전파 천문학은 넓고, 간섭으로부터 자유로운 밴드를 유일하게 필요하다. 따라서 과학적이고 기술적인 4가지 요소가 요구된다.

- 분자회전의 분광 선 방출의 전체적인 효과는 주파수 스펙트럼 상에서 일정하게 분포되어 있다. 몇몇 선들은 다른 것들보다 자주 관측되어지지만 많은 종류의 천이 선들은 유일하고 완전한 이용을 요구한다.
- 천문학적인 밀리미터파 분광기의 가장 중요한 응용은 초기 은하 및 극히 멀리 떨어진 가스로부터 방출을 관측하는 것이다. 이러한 관측은 은하 진화 및 초기 우주를 이해하는데 중요하다. 우주 팽창 때문에 이러한 방출 주파수는 1(국부 우주) 및 0.2(현재 초기 우주기원으로 알려짐)까지 영역 쪽으로 치우쳐 있다. 적색편이의 연속적인 영역 때문에 중요한 분광 선들로부터의 방출은 밀리미터 파대역의 어떤 주파에서도 일어날 수 있다.
- 은하 및 외부은하 원으로부터의 밀리미터파 연속 방출은 전형적으로

미약하지만 중요하다. 이런 방출은 극히 넓은 기계적인 밴드폭(30-40 GHz 이상)의 사용으로 관측되어질 수 있으며 특별히 밀리미터 및 서브 밀리미터 연속관측에 가장 민감한 incoherent bolometer 측정기는 매우 넓은 밴드폭을 요구한다.

o 밀리미터 및 서브 밀리미터 분광기 가장 고감도 관측기인 SIS 믹서 수신기는 운용중심 주파수의 30%보다 큰 대역폭 이상의 신호를 필요로 한다. 이러한 예민한 고감도 장치는 이 대역의 대해 임의의 지역으로부터 송신되는 강한 간섭 신호로 인하여 부서지거나 과포화 상태가 될 수 있다.

RAS는 70 250GHz사의의 20개 대역을 상태별로 할당하였다. 이 대역은 스펙트럼의 약 27%에 해당된다. 현재 ITU은 900GHz 이상에서 운용되는 많은 서브 밀리미터 관측소와 1,000GHz 이상에서 운용될 우주관측소가 존재하지만 275GHz 이상은 아직 할당하지 않고 있다. 상업적인 업무는 지금까지 충분한 영역의 밀리미터 및 서브 밀리미터파를 이용하지 않았다. 그럼에도 불구하고 이러한 상업적 업무의 대역확장에 따른 행위들은 현재 또는 미래의 전파천문관측의 문제로 제기되고 있다. 그림 2-1과 2-2, 2-3의 그림은 각각 전파천문업무로 사용되고 있는 실제 10 300GHz 밀리미터 및 서브밀리미터 대역을 나타내는 중요한 자료이다. 이 그림 2-1의 경우는 크게는 10% 척도로 작게는 1%척도로 표현하였으며 그림 2-2와 2-3은 각각 25% 및 1% 척도로 표현하였다.



a) 10 % 척도 축약 b) 1 % 척도 축약

그림 2-10 300GHz 범위에서의 전파망원경 관측 통계

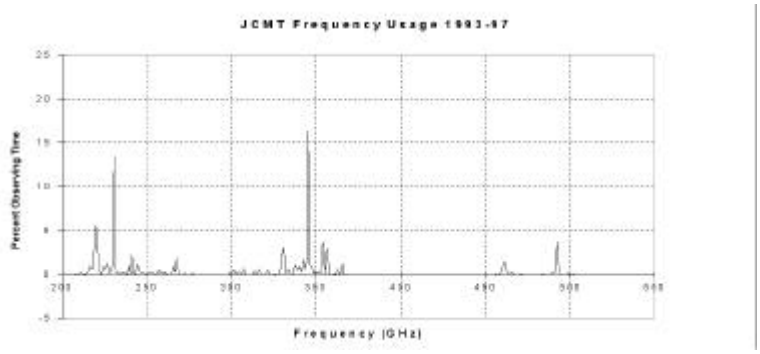


그림 2-2 25% **척도로 축약된** 200 550GHz **대역** JCMT **통계**

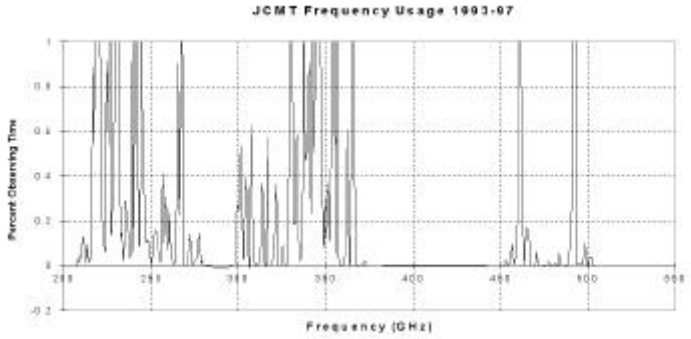


그림 2-3 1% **척도로 축약된** 200 550GHz **대역** JCMT **통계**

표 2-2 **주석**(footnote)**에 언급된 전파 천문대역과** ISS **대역**

전파천문대역	**주석**(Footnote)	ISS **대역**
22.81 - 22.86GHz	S5.149	22.55 - 23.00GHz
23.07 - 23.12GHz	S5.149	23.00 - 23.55GHz
64.0 - 65.0GHz	S5.556	64.0 - 65.0GHz
177.0 - 177.4GHz	S5.149	176.5 - 182.0GHz
178.2 - 178.6GHz	S5.149	176.5 - 182.0GHz
181.0 - 181.46GHz	S5.149	176.5 - 182.0GHz
186.2 - 186.6GHz	S5.149	176.5 - 182.0GHz

특히 그림 2-2**와** 2-3**은** JMCT **관측소의** 1GHz **대역을 나타내는 좋은 예이다. 이들 자료로부터 알 수 있는 사실은 현재** 115GHz, 230GHz, 345GHz **근**

처에서 강한 이용을 보여주고 있으며 이들 대역은 CO 분자의 낮은 회전주파수에 해당되는 주파수이다. CO는 수소 분자이후의 우주에 가장 풍부한 분자로 항상 관측할 수 없는 분자 선이기도 하며 성간 가스의 관측에 흔히 사용된다.

위성간 업무(Inter-Satellite Service, ISS)는 위성들간을 링크를 제공하고 있다. ISS에 할당된 24개 주파수 대역은 주로 22.5 23.0GHz에서 185 190GHz까지 주 업무로 사용되고 있다. 이들 대역 중 ISS에 할당되어 있는 7개 대역은 RAS에 할당된 대역과 겹치며 이들 대역은 표 2-2와 같이 주석 S.5149 및 S5.556과 함께 표시하였다. 새로운 위성군들이 위성간 링크로 사용할 주파수들에 대해 어떻게 전파천문업무(RAS)를 보호할 것인가가 관심사이다. 전파천문대역에 할당된 주파수들의 규정된 역할은 매우 미약하여 불분명하여 임의 위성 운용에 따라 이들 대역을 사용하는 관측소들은 힘없이 당하고 있는 실정이다.

제 3 절 유럽, 미국, 일본, 호주 등의 의제결과

1. 네덜란드

네덜란드 정부에서 주도적으로 연구를 수행하고 있으며 이 의제를 담당하는 CEPT working group FM PT(project team) 33과 공동연구로 진행하고 있다. 공동연구결과 이 대역에서의 주파수대역의 재 할당에 대한 의견을 ITU-R에 제안하였다.

2. 프랑스

프랑스는 밀리미터파 천체망원경의 측대파와 간섭에 대한 연구내용을 IRU-R에 7B/8-E로 기고하였다.

3. 미국

미국의 경우 NASA에서 지구의 구조와 자연과 인간에 의한 변화가 우주의 환경변화에 미치는 영향 등의 연구를 위해 수동 지구탐사(remote sensing)가 중요한 수단임을 인식하고 또 다른 정부 연구기관에서는 기상현상과 여러 과학적인 목적을 위해 수동지구탐사를 이용하고 있다.

표 2-3 275GHz 이하 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Deuterium (DI)	0.327348	0.327 - 0.3277
Hydrogen (HI)	1.420406	1.370 - 1.427
Hydroxyl radical (OH)	1.612231	1.6068 - 1.6138
Hydroxyl radical (OH)	1.665402	1.6598 - 1.6671
Hydroxyl radical (OH)	1.667359	1.6618 - 1.6690
Hydroxyl radical (OH)	1.720530	1.7148 - 1.7222
Methyladyne (CH)	3.263794	3.2424 - 3.2671
Methyladyne (CH)	3.335481	3.3244 - 3.3388
Methyladyne (CH)	3.349193	3.3380 - 3.3525
Formaldehyde (H2CO)	4.829660	4.8136 - 4.8345
Methanol (CH3OH)	6.668518	6.6618 - 6.6752
Helium (3He+)	8.665650	8.6570 - 8.6743
Methanol (CH3OH)	12.178	12.17 - 12.19
Formaldehyde (H2CO)	14.488	14.44 - 14.50
Cyclopropenylidene (C3H2)	18.343	18.28 - 18.36
Cyclopropenylidene (C3H2)	21.587	21.56 - 21.61
Water vapor (H2O)	22.235	22.16 - 22.26
Dicarbon monosulphide (CCS)	22.344	22.32 - 22.37
Ammonia (NH3)	23.694	23.61 - 23.72
Ammonia (NH3)	23.723	23.64 - 23.75
Ammonia (NH3)	23.870	23.79 - 23.89
Ammonia (NH3)	24.139	24.11 - 24.16
Methanol (CH3OH)	36.169	36.13 - 36.21
Cyanoacetylene (HC3N)	36.392	36.36 - 36.43
Silicon monoxide (SiO)	42.821	42.78 - 42.86
Silicon monoxide (SiO)	43.122	43.08 - 43.17
Silicon monoxide (SiO)	43.424	43.38 - 43.47

표 2-3 275GHz 이하 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Dicarbon monosulphide (CCS)	45.379	45.33 - 45.42
Cyanoacetylene (HC3N)	45.490	45.44 - 45.54
Carbon monosulphide (13CS)	46.247	46.20 - 46.29
Carbon monosulphide (C34S)	48.207	48.16 - 48.26
Carbon monosulphide (CS)	48.991	48.83 - 49.04
Oxygen (O2)	56.265	56.21 - 56.32
Oxygen (O2)	58.324	58.27 - 58.38
Oxygen (O2)	58.446	58.39 - 58.50
Oxygen (O2)	59.164	59.10 - 59.22
Oxygen (O2)	59.591	59.53 - 59.65
Oxygen (O2)	60.306	60.25 - 60.37
Oxygen (O2)	60.434	60.37 - 60.49
Oxygen (O2)	61.151	61.09 - 61.21
Oxygen (O2)	62.486	62.42 - 62.55
Deuterated formylium (DCO+)	72.039	71.97 - 72.11
Deuterium cyanide (DCN)	72.415	72.34 - 72.49
Cyanoacetylene (HC3N)	72.784	72.71 - 72.86
Methyl cyanide (CH3CN)	73.59	73.51 - 73.66
Deuterated water (HDO)	80.578	80.50 - 80.66
Cyanoacetylene (HC3N)	81.881	81.80 - 81.96
Cyclopropenylidene (C3H2)	82.966	82.88 - 83.05
Cyclopropenylidene (C3H2)	85.339	85.05 - 85.42
Methyl acetylene (CH3CCH)	85.5	85.41 - 85.59
Deuterated Ammonia (NH2D)	85.926	85.84 - 86.01
Hydrogen cyanide (HC15N)	86.055	85.97 - 86.14
Silicon monoxide (SiO)	86.243	86.16 - 86.33
Hydrogen cyanide (H13CN)	86.340	86.25 - 86.43

표 2-3 275GHz 이하 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Formylium (H13CO+)	86.754	86.67 - 86.84
Hydrogen isocyanide (HN13C)	87.091	87.00 - 87.18
Silicon monoxide (SiO)	86.847	86.76 - 86.93
Ethynyl radical (C2H)	87.300	87.21 - 87.39
Hydrogen cyanide (HCN)	88.632	88.34 - 88.72
Hydrogen isocyanide (H15NC)	88.866	88.78 - 88.95
Formylium (HCO+)	89.189	88.89 - 89.28
Hydrogen isocyanide (HNC)	90.664	90.57 - 90.75
Cyanoacetylene (HC3N)	90.979	90.89 - 91.07
Methyl cyanide (CH3CN)	91.98	91.88 - 92.07
Carbon monosulphide (13CS)	92.494	92.40 - 92.59
Diazenylium (N2H+)	93.174	93.08 - 93.27
Carbon monosulphide (C34S)	96.413	96.32 - 96.51
Carbon monosulphide (CS)	97.981	97.65 - 98.08
Sulfur monoxide (SO)	99.300	99.20 - 99.40
Cyanoacetylene (HC3N)	100.076	99.98 - 100.18
Methyl acetylene (CH3CCH)	102.5	102.39 - 102.60
Cyanoacetylene (HC3N)	109.174	109.06 - 109.28
Sulfur monoxide (SO)	109.252	109.14 - 109.36
Carbon monoxide (C18O)	109.782	109.67 - 109.89
Deuterated Ammonia (NH2D)	110.153	110.04 - 110.26
Carbon monoxide (13CO)	110.201	110.83 - 110.31
Methyl cyanide (CH3CN)	110.38	110.27 - 110.49
Carbon monoxide (C17O)	112.359	112.25 - 112.47
Cyano radical (CN)	113.500	13.39 - 13.61
Carbon monoxide (CO)	115.271	114.88 - 115.39
Oxygen (O2)	118.750	118.63 - 118.87

표 2-3 275GHz 이하 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Silicon monoxide (SiO)	127.269	127.14 - 127.40
Formaldehyde (H213CO)	137.450	137.31 - 137.59
Carbon monosulphide (13CS)	138.739	138.60 - 138.88
Formaldehyde (H2CO)	140.840	241.69 - 140.98
Deuterated formylium (DCO+)	144.077	143.93 - 144.22
Deuterium cyanide (DCN)	144.828	144.68 - 144.97
Formaldehyde (H2CO)	145.603	145.45 - 145.75
Carbon monosulphide (CS)	146.969	146.48 - 147.12
Methyl cyanide (CH3CN)	147.17	147.02 - 147.32
Nitric oxide (NO)	150.4	149.95 - 150.85
Formaldehyde (H2CO)	150.498	150.35 - 150.65
Methyl acetylene (CH3CCH)	153.8	153.64 - 153.95
Cyanoacetylene (HC3N)	154.657	154.50 - 154.81
Cyanoacetylene (HC3N)	163.753	163.59 - 163.92
Hydrogen sulfide (H2S)	168.760	168.59 - 168.93
Silicon monoxide (SiO)	173.688	173.51 - 173.86
Water vapor (H2O)	183.310	183.13 - 183.49
Carbon monosulphide (CS)	195.954	195.30 - 196.15
Water vapor (H218O)	203.132	202.93 - 203.34
Sulfur monoxide (SO)	206.176	205.97 - 206.38
Sulfur monoxide (SO)	215.221	215.01 - 215.44
Deuterated formylium (DCO+)	216.113	215.90 - 216.33
Silicon monoxide (SiO)	217.105	216.89 - 217.32
Deuterium cyanide (DCN)	217.239	217.02 - 217.46
Formaldehyde (H2CO)	218.222	218.00 - 218.44
Carbon monoxide (C18O)	219.560	219.34 - 219.78
Carbon monoxide (13CO)	220.399	219.67 - 220.62

표 2-3 275GHz 이하 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Methyl cyanide (CH3CN)	220.7	220.48 - 220.92
Sulfur dioxide (SO2)	221.965	221.74 - 222.19
Methyl acetylene (CH3CCH)	222.1	221.87 - 222.32
Carbon monoxide (C17O)	224.714	224.49 - 224.94
Sulfur dioxide (SO2)	225.154	224.93 - 225.38
Deuterated water (HDO)	225.897	225.67 - 226.12
Cyano radical (CN)	226.600	226.37 - 226.83
Cyano radical (CN)	226.800	226.57 - 227.03
Carbon monoxide (CO)	230.538	229.77 - 230.77
Carbon monosulphide (C34S)	241.016	240.77 - 241.26
Deuterated water (HDO)	241.562	241.32 - 241.80
Methanol (CH3OH)	241.700	241.46 - 241.94
Methanol (CH3OH)	241.767	241.53 - 242.01
Methanol (CH3OH)	241.791	241.55 - 242.03
Methanol (CH3OH)	241.842	241.60 - 242.08
Carbon monosulphide (CS)	244.953	244.14 - 245.20
Nitric oxide (NO)	250.6	250.35 - 250.85
Sulfur dioxide (SO2)	251.211	250.96 - 251.46
Methyl cyanide (CH3CN)	257.5	257.24 - 257.76
Hydrogen cyanide (H13CN)	259.012	258.75 - 259.27
Formylium (H13CO+)	260.255	259.99 - 260.52
Silicon monoxide (SiO)	260.518	260.26 - 260.78
Hydrogen isocyanide (HN13C)	261.263	261.00 - 261.52
Ethynyl radical (C2H)	262.000	261.74 - 262.26
Sulfur dioxide (SO2)	262.334	262.07 - 262.60
Hydrogen cyanide (HCN)	265.886	265.00 - 266.15
Formylium (HCO+)	267.557	266.66 - 267.82
Hydrogen isocyanide (HNC)	271.981	271.71 - 272.25

표 2-4 275GHz 이상 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Carbon monosulphide (13CS)	277.455	277.18 - 277.73
Diazenylium (N2H+)	279.511	279.23 - 279.79
Carbon monosulphide (C34S)	289.209	288.92 - 289.50
Sodium hydride (NaH)	289.860	289.57 - 290.15
Carbon monosulphide (CS)	293.912	292.93 - 294.21
Hydronium (H3O+)	307.192	306.88 - 307.50
Carbon monosulphide (13CS)	323.685	323.36 - 324.01
Water vapor (H2O)	325.153	324.83 - 325.48
Heavy water (HDO)	313.750	313.44 - 314.06
Carbon monoxide (C18O)	329.330	329.00 - 329.66
Carbon monoxide (13CO)	330.587	329.49 - 330.92
Carbon monosulphide (C34S)	337.397	337.06 - 337.73
Cyano radical (CN)	340.030	339.69 - 340.37
Cyano radical (CN)	340.250	339.91 - 340.59
Carbon monosulphide (CS)	342.883	341.74 - 343.23
Hydrogen cyanide (HC15N)	344.200	343.86 - 344.54
Magnesium hydride (MgH)	344.305	343.96 - 344.65
Hydrogen cyanide (H13CN)	344.340	344.00 - 344.68
Carbon monoxide (CO)	345.796	344.64 - 346.14
Formylium (H13CO+)	346.999	346.65 - 347.35
Silicon monoxide (SiO)	347.331	346.98 - 347.68
Ethynyl radical (C2H)	349.340	348.99 - 349.69
Ethynyl radical (C2H)	349.390	349.04 - 349.74
Hydrogen cyanide (HCN)	354.484	353.30 - 354.84
Formylium (HCO+)	356.734	355.54 - 357.09
Hydrogen isocyanide (HNC)	362.630	362.27 - 362.99
Hydronium (H3O+)	364.797	364.43 - 365.16
Oxygen (O2)	368.498	368.13 - 368.87
Carbon monosulphide (13CS)	369.908	369.54 - 370.28

표 2-4 275GHz 이상 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
H2D+	372.421	372.05 - 372.79
Diazenylium (N2H+)	372.672	372.30 - 373.04
Water vapor (H2O)	380.197	379.82 - 380.58
Carbon monosulphide (C34S)	385.578	385.19 - 385.96
Hydronium (H3O+)	388.459	388.07 - 388.85
Water vapor (H218O)	390.608	390.22 - 391.00
Silicon monoxide (SiO)	390.728	390.34 - 391.12
Carbon monosulphide (CS)	391.847	390.54 - 392.24
Hydronium (H3O+)	396.272	395.88 - 396.67
Carbon monosulphide (13CS)	416.123	415.71 - 416.54
Oxygen (O2)	424.763	424.34 - 425.19
Hydrogen cyanide (H13CN)	431.660	431.23 - 432.09
Carbon monosulphide (C34S)	433.751	433.32 - 434.19
Silicon monoxide (SiO)	434.120	433.69 - 434.55
Carbon monoxide (C18O)	439.088	438.65 - 439.53
Water vapor (H2O)	439.151	438.71 - 439.59
Carbon monoxide (13CO)	440.765	439.30 - 441.21
Carbon monosulphide (CS)	440.803	439.33 - 441.24
Hydrogen cyanide (HCN)	443.123	441.65 - 443.57
Lithium hydride (LiH)	443.957	443.51 - 444.40
Water vapor (H2O)	448.001	447.55 - 448.45
Hydrogen Sulfide (H2S)	452.390	451.94 - 452.84
Hydrogen isocyanide (HNC)	453.270	452.82 - 453.72
Carbon monoxide (CO)	461.041	459.50 - 461.50
Carbon monosulphide (13CS)	462.331	461.87 - 462.79
NH2	462.400	461.94 - 462.86
Heavy water (HDO)	464.925	464.46 - 465.39
NH2	469.300	468.83 - 469.77
Water vapor (H2O)	474.689	474.21 - 475.16

표 2-4 275GHz 이상 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Silicon monoxide (SiO)	477.503	477.03 - 477.98
Heavy water (HDO)	479.947	479.47 - 480.43
Heavy water (HDO)	481.780	481.30 - 482.26
Carbon monosulphide (C34S)	481.916	481.43 - 482.40
Oxygen (O2)	487.249	486.76 - 487.74
Water vapor (H218O)	489.054	488.56 - 489.54
Carbon monosulphide (CS)	489.751	488.12 - 490.24
Heavy water (HDO)	490.597	490.11 - 491.09
Carbon (CI)	492.162	490.52 - 492.65
Carbon monosulphide (13CS)	508.528	508.02 - 509.04
Heavy water (HDO)	509.292	508.78 - 509.80
Hydrogen cyanide (H13CN)	517.970	517.45 - 518.49
Silicon monoxide (SiO)	520.878	520.36 - 521.40
Carbon monosulphide (C34S)	530.071	529.54 - 530.60
Hydrogen cyanide (HCN)	531.716	529.94 - 532.25
Methylidyne (CH)	532.700	532.17 - 533.23
SiH2	536.600	536.06 - 537.14
Methylidyne (CH)	536.800	536.26 - 537.34
Carbon monosulphide (CS)	538.689	536.89 - 539.23
Hydrogen isocyanide (HNC)	543.897	543.35 - 544.44
Water vapor (H218O)	547.676	547.13 - 548.22
Carbon monoxide (13CO)	550.926	549.09 - 551.48
Carbon monosulphide (13CS)	554.715	554.16 - 555.27
Water vapor (H2O)	556.936	556.38 - 557.49
Silicon monoxide (SiO)	564.244	563.68 - 564.81
Ammonia (15NH3)	572.113	571.54 - 572.69
Ammonia (NH3)	572.498	571.93 - 573.07
SiH2	575.800	575.22 - 576.38
Hydrogen cyanide (HCN)	797.433	794.77 - 798.23

표 2-4 275GHz 이상 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선(계속)

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Formylium (HCO+)	802.653	799.98 - 803.46
Carbon monoxide (CO)	806.652	803.96 - 807.46
Carbon (CI)	809.350	806.65 - 810.16
Hydrogen isocyanide (HNC)	815.684	812.96 - 816.50
Carbon monosulphide (C34S)	818.745	817.93 - 819.56
Silicon monoxide (SiO)	824.186	823.36 - 825.01
Carbon monosulphide (13CS)	831.523	830.69 - 832.36
Carbon monosulphide (CS)	832.057	829.28 - 832.89
Oxygen (O2)	834.146	833.31 - 834.98
Methylidinium (CH+)	835.070	834.23 - 835.91
Hydrogen cyanide (H13CN)	863.069	862.21 - 863.93
Carbon monosulphide (C34S)	866.804	865.94 - 867.67
Sulfur hydride (SH)	866.900	866.03 - 867.77
Silicon monoxide (SiO)	867.457	866.59 - 868.33
Sulfur hydride (SH)	875.200	874.32 - 876.08
Carbon monosulphide (13CS)	877.591	876.71 - 878.47
Carbon monosulphide (CS)	880.899	877.96 - 881.78
Carbon monoxide (13CO)	881.273	878.33 - 882.15
Hydrogen cyanide (HCN)	885.977	883.02 - 886.86
Lithium hydride (LiH)	886.500	885.61 - 887.39
Formilium (HCO+)	891.558	888.59 - 892.45
Heavy water (HDO)	893.639	892.74 - 894.53
Hydrogen isocyanide (HNC)	906.239	905.33 - 907.15
Silicon monoxide (SiO)	910.710	909.80 - 911.62
Carbon monosulphide (C34S)	914.844	913.93 - 915.76
Water vapor (H2O)	916.172	915.26 - 917.09
Heavy water (HDO)	919.310	918.39 - 920.23
Carbon monoxide (CO)	921.800	918.72 - 922.72
Carbon monosulphide (13CS)	923.633	922.71 - 924.56
Carbon monosulphide (CS)	929.723	926.62 - 930.65

표 2-4 275GHz 이상 주파수에서 전파천문에 중요한 주파수 선

구성물질	중간주파수(GHz)	제안된 최소대역(GHz)
Hydrogen cyanide (H13CN)	949.299	948.35 - 950.25
Silicon monoxide (SiO)	953.943	952.99 - 954.90
H3+	955.000	954.04 - 955.96
Carbon monosulphide (C34S)	962.865	961.90 - 963.83
Carbon monosulphide (13CS)	969.649	968.68 - 970.62
Water vapor (H2O)	970.315	969.34 - 971.29
Nitrogen hydride (NH)	974.479	973.50 - 975.45
Hydrogen cyanide (HCN)	974.488	971.24 - 975.46
Carbon monosulphide (CS)	978.529	977.55 - 979.51
Formilium (HCO+)	983.925	980.64 - 984.91
Heavy water (HDO)	984.138	983.15 - 985.12
Hydronium (H3O+)	984.697	983.71 - 985.68
Water vapor (H2O)	987.927	986.94 - 988.92
Water vapor (H218O)	994.634	993.64 - 995.63
Heavy water (HDO)	995.412	994.42 - 996.41
Hydrogen isocyanide (HNC)	996.771	995.77 - 997.77
Silicon monoxide (SiO)	997.155	996.16 - 998.15

이를 위해 이 주파수 대역에서 현재 이용되고 있는 밀리미터파 천체 망원경의 기능을 향상시키는 작업을 하고 있으며 약 2005년경에 운용될 MilliMeter Array(MMA)의 구축을 위해 의회에서는 구축 자본을 제공하고 있다. 이러한 상황에서 미국은 수동서비스를 위한 추가적인 할당을 바라고 있지만 기존에 할당되어 있는 다른 서비스가 예견되는 미래 서비스에 영향을 최소화하는 방향으로 공유되도록 요구하고 있으며 주파수 대역의 재배치는 WRC-97에서 50.2 71GHz 대역에서 행해진 방법과 유사한 방법을 택하자는 입장을 제시하였다.

4.캐나다

캐나다는 이 의제에 대해서 현재 WP 7D의 연구내용을 수행하고 있으며 수동 서비스에 대한 요구를 분석하고 있다.

5. 일본

일본의 지구탐사위성(수동)과 전파천문업무는 주파수의 과학적 이용에 주안점을 두고 있다. 71GHz 대역 이상에서 624 629GHz, 649 653GHz를 이용하는 SMILES(지구탐사 위성업무), 80 850GHz를 이용하는 LMSA(전파천문업무), 지구설치센서를 이용한 지구대기 관측과 같은 중요한 장래계획이 있으며, 이들의 실현을 조기에 달성하기 위해서도 필요한 주파수 할당을 확보하기 위해 총력을 기울일 필요가 있다고 판단하고 있다. 71GHz 이상의 밀리미터파 대역에서는 고출력의 송신기를 저가로 생산하는 일이 당분간 어려울 것으로 판단되기 때문에, 그러한 의미에서 능동업무에 할당된 기존 대역폭을 확보하면서 상기 업무에 대한 주파수 할당을 할 것을 지지하고 있다. 71GHz 이상의 주파수 할당 안을 작성하기 위해서는 지금까지 주파수할당이 되어있는 업무에 되도록 지장이 가지 않는 범위에서 조정을 해야 할 것을 제안하고 있다.

6. 호주

호주는 제 3지역 국가이면서도 현재 71GHz 이상 대역의 주파수 재분배에 대한 의견을 미국과 거의 동일하게 작성하였다. 그러나 최근 우리 나라의 주파수 할당에 대한 의견을 수렴하여 미국에서 작성된 주파수 재분배표에 추가하였다.

제 4 절 한국의 의제분석

1. 한국의 의제분석

지구환경의 보호와 감시를 위한 오존층의 파괴와 생성원리 파악하고 지구환경 계측감시를 위한 성층권 오존과 대기 미량 가스들의 측정하기 위한 사용 대역으로 94.1 175GHz 대역을 활용 중에 있으며, 200 280GHz 대역까지 확장할 예정이다. 현재 전파천문대가 사용하고 있는 관측 주파수대는 85 115GHz(대역폭 1 2GHz), 125 175GHz(대역폭 1 2GHz)이지만 2005년

까지 사용전망은 85 115GHz(대역폭 1 2GHz), 125 175GHz(대역폭 1 2GHz), 220 270GHz(대역폭 1 2GHz)이다. 따라서 이 주파수 대역을 향후 상용 주파수가 사용하게 된다면 지구환경감시와 순수 학문 연구용 주파수 이용에 막대한 지장이 초래된다고 보고하고 있다.

다목적 실용위성 1호 (별칭 : 아리랑위성 1호)를 1999말에 발사하였으며 사용주파수는 상향 링크가 2077.4MHz, 대역폭 : 36kHz, 하향 링크가 2256.0MHz, 대역폭 : 3MHz, 300.0MHz 대역폭 : 45MHz 이다. 하향 링크의 경우 일본의 전파천문 NRO 시스템이 10 115GHz 영역에서 동작하므로 고조파나 불요방사파로 인한 영향을 고려하여야 할 것으로 보인다. 전파천문 수신시스템이 헤테로다인 방법으로 동작하면 중간주파수에 영향이 있다는 의견이 있다. 이에 따라 WP7C 및 WP7D회의에서 제시된 CPM Draft와 JRD7D-9D의 결과를 기초로 주파수 대역에서의 공유문제를 검토 중이다. 현재 우리 나라에는 85GHz 대역 이상에서 전파천문 업무를 수행하고 있는 곳은 한국천문연구원 산하의 대덕전파천문대가 있다. 그리고 서울대학교 천문학과의 전파천문대가 현재 건설중으로, 2000년 가을부터 전파천문 업무를 수행할 예정이다. 이들 전파망원경의 내역과 사용주파수 대역은 다음과 같다. 한국천문연구원 소속 대덕전파천문대(TRAO, Taeduk Radio Astronomy Observatory), 대전시 대덕 연구단지 내에 위치하고 있으며, 14미터 전파망원경과 각종 수신기, 그리고 분광기 시스템을 갖추고 있다. 이 전파망원경은 국내외에 공개되어 있으며, 매년 10월 이듬해 5월까지 공동이용 관측을 실시하고 있다. 현재 전파천문업무에 활용되고 있는 수신기는 고감도의 초전도 SIS믹서를 사용하고 있으며, 85 116GHz 대역과 124 175GHz 대역을 동시에 수신하는 이중채널수신기를 사용하고 있다. 서울대학교 천문학과의 전파천문대(SRAO, Seoul Radio Astronomy Observatory)는 서울대 천문학과가 과학기술부의 지원을 받아 현재 건설하고 있는 6미터 전파망원경 시스템으로, 2000년 가을부터 전파천문업무를 수행할 계획이다. 이 전파망원경에 설치될 수신기는 대덕전파천문대와 마찬가지로 초전도 SIS믹서를 사용하여 85 116GHz 대역과 124 175GHz 대역, 그리고 220 270GHz 대역까지 관측할 예정이다. 관측을 위한 전파천문업무는 10월부터 이듬해 5월까지 실시할 예정이다. 우리나라에서 사용하고 있는 주파수 대역은 다음과 같다.

○ 85 116GHz 대역

EESS(active)를 위해 이미 할당된 94 94.1GHz 대역을 제외하고 나머지 주파수 대역은 10월에서 이듬해 5월까지 국내외의 공동이용 관측자들이 고감도의 SIS수신기를 이용하여 전파천문업무와 성층권 오존량과 계절별 변화량의 측정에 활용하고 있다. 가령, 86GHz 대역은 만기형성(late type stars)의 대기 상태와 구조를 연구하기 위해 필요한 SiO 분자선 측정에 사용하고 있다. 한편 110~116GHz 대역은 별탄생영역과 분자운, 외부은하의 연구를 위한 CO, HCN, CS and HCO+ 분자선 관측에 활용되고 있다. 그리고 이 대역은 성층권의 오존생성과 파괴기구를 연구하기 위한 오존의 분자선관측에도 활용되고 있다. 이 대역에 포함되어 있는 주요 분자선의 목록은 아래와 같다.

- 주요 성간분자선 목록:

  O3 at 101.7, 110.8GHz, SiO at 85.6, 86.2, 86.8GHz, CS at 98.0GHz, CO at 109.8, 110.2, 115.3GHz, HC3N at 81.9, 90.9, 100.1, 109.2GHz, HCO+ at 89.2GHz, CH3OH at 94.5, 95.1, 96.8, 107.5, 109.3GHz, C2H at 87.3GHz, HCN at 88.6GHz, SO at 86.2, 86.8, 99.3GHz, N2H+ at 93.2GHz, CN at 113.5GHz.

- 주요 대기분자선 목록:

  O3 at 101.7, 110.8GHz

○ 124 175GHz 대역

이 대역은 중층대기권의 오존량을 측정하기 위한 오존분자가 포함되어 있다. 그리고 만기형성 주변의 대기연구를 위한 SiO 메이저선과 분자운내의 먼지입자들의 열방출선 그리고 별탄생영역에서 활발히 관측되는 다수의 분자선 스펙트럼선이 포함되어 있다. 현재 이 대역의 전파천문업무를 수행하고 있는 전파천문대는 전세계적으로도 그다지 많지 않으며, 따라서 국제경쟁력이 있는 중요한 연구결과가 얻어지고 있다. 이 대역에 포함되어 있는 주요 분자선의 목록은 아래와 같다.

- 주요 성간분자선 목록:

  SiO at 128.4, 128.6, 129.4, 130.3, 173.7GHz, CS at 138.7, 147.0GHz, H2CO at 137.5, 140.8, 145.6, 150.5GHz, HC3N at 154.7, 163.8GHz, DCN at 144.8GHz, DCO+ at 144.1GHz, NO at 150.4GHz, H2S at

168.8GHz.

- **주요 대기분자선 목록**:

  O3 at 142.2GHz

○ 200 310GHz **대역**

이 대역에는 무거운 별탄생영역에서 생성되는 다수의 분자선들이 포함되어 있으며, 생명체의 근원이 되는 유기물질의 연구에 중요한 대역이다. 그리고 이 주파수 대역은 지구대기의 환경변화와 감시연구를 위한 중층대기의 미량가스, 오존, 오존의 파괴과정과 관련된 일산화 염소(ClO) 따위의 대기분자들이 다수 포함되어 있다. 한편 이 대역은 은하계의 동역학적 구조와 물리상태를 연구하기 위해 필수적인 일산화탄소(CO)의 고준위 천이선(J=2- 1)을 포함하고 있는 중요한 대역이다. 이 대역에 포함되어 있는 주요 분자선의 목록은 아래와 같다.

- **주요 성간분자선 목록**:

  CO at 219.6, 220.4, 230.5GHz, SiO at 214.1, 215.6, 217.1, 260.5GHz, CS at 231.2, 241.0, 245.0, 277.5, 289.2, 293.9GHz, HDO at 225.9, 241.6, 313.8GHz, HCN at 265.9GHz, C2H at 262.0GHz, HCO+ at 260.3, 267.6GHz, SO at 206.2, 215.2GHz, CN at 226.6, 226.8GHz, NO at 250.6GHz, H2CO at 218.2GHz, H3O+ at 307.2GHz.

- **주요 대기분자선 목록**:

  ClO at 204.4, 278.6GHz, O3 at 206.1, 276.9GHz, HOCl at 202.5, 270.8GHz, HO2 at 265.8GHz, H2O2 at 204.6, 270.6GHz, NO at 250.4GHz, NO2 at 275.0GHz, N2O at 201.0, 276.3GHz, HNO3 at 269.2GHz, HCN at 265.9GHz, CO at 230.5GHz, SO2 at 203.4, 267.7GHz, OCS at 206.7, 267.5GHz

그림 2-4 오리온 성운의 광학적 결과

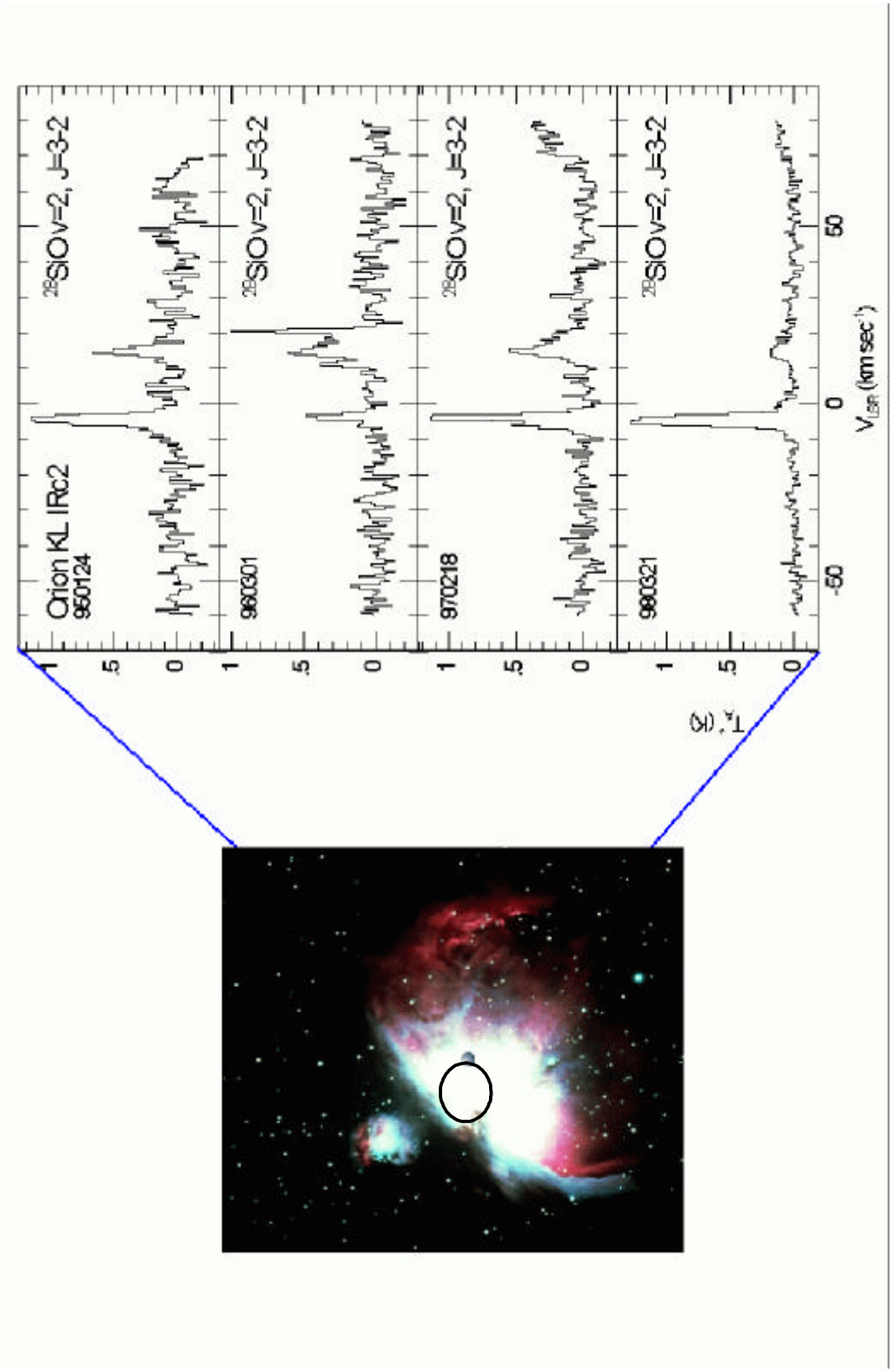


그림 2-5 오리온 성운(Orion KL IRc2)의 전파관측 결과

현재 대덕전파천문대를 중심으로 추진되고 있는 중요 프로젝트로는 Korea VLBI Network(KVN)의 건설사업과 기존 전파천문대의 사용주파수 대역의 고주파수대 확장을 들 수 있다. KVN은 광주와 울산 지역, 그리고 서울 근교의 지역에 새로운 전파망원경을 설치할 계획이며, 이들의 사용주파수 대역은 VLBI 용으로 21GHz 대역, 그리고 전파천문업무용으로 85 116GHz 대역을 계획하고 있다. VLBI 용의 업무는 지각이동에 대한 정밀측정과 지구 자기의 이동 등에 관한 응용업무를 수행할 예정이다. 한편 대덕전파천문대와 서울대 전파천문대에서는 사용주파수 대역을 200 275GHz 대역까지 확장할 예정으로 있다. 그 이유는 중요 성간분자들이 밀집되어 있는 전파천문업무의 수행과 더불어, 지구환경의 보호와 감시를 위해 필요한 오존층의 파괴와 생성원리를 파악하기 위해서 오존과 미량가스들의 관측을 수행할 필요성이 있기 때문이다. 지구환경의 보호와 감시를 위한 오존층의 파괴와 생성원리 파악하고 지구환경 계측감시를 위한 성층권 오존과 대기 미량 가스들의 측정하기 위한 사용 대역으로 94.1 175GHz 대역을 활용 중에 있으며, 200 280GHz 대역까지 확장할 예정이다. 현재 전파천문대가 사용하고 있는 관측주파수대는 85 115GHz(대역폭 1 2GHz), 125 175GHz(대역폭 1 2GHz)이지만 2005년까지 사용전망은 85 115GHz(대역폭 1 NRO 시스템이 10 115GHz 영역에서 동작하므로 고조파나 불요 방사파로 인한 영향을 고려하여야 할 것으로 보이며, 전파천문 수신시스템이 헤테로다인 방법으로 동작하면 중간주파수에 영향이 있다는 의견이 있다. 이에 따라 WP7C 및 WP7D회의에서 제시된 CPM Draft와 JRD7D-9D의 결과를 기초로 주파수 대역에서의 공유문제를 검토 중이다.

제 5 절 CPM 결과

국제전기통신연합의 연구 7반을 중심으로 시급한 과제로 추진하고 있는 현황은 현재 71GHz 이상의 전파천문업무에 필요한 주파수 신규할당과 재조정에 대한 고려사항과 지구환경의 계측감시와 연구를 위해 성층권과 중층대기의 분자들에서 나오는 전파스펙트럼선의 보호대역에 대한 신규할당 필요, 전파천문업무와 위성탑재 구름레이더의 하향링크간의 양립을 위한 운용, 기술면의 조처 필요하고 결정하였다. 71GHz 이상 대역의 전파업무를 수행하

는 전파천문대가 수적으로는 적지만, 순수 학문적인 중요성과 지구환경감시를 위한 오존, 중층대기의 연구가 가지는 중요성을 살리기 위해서는 전파천문업무와 각종 지상업무의 양립을 위한 주파수의 적절한 분배, 운용, 기술면의 조처가 시급히 요망

현재 71GHz 275GHz 대역의 천문학 연구 분야별로 구별(ITU-R RA.314.8)한 결과는 다음과 같다.

- 3 millimetre window(71 116GHz) : 우주가스성분의 온도 및 밀도 연구
- 2 millimetre window(120 190GHz) : 별과 행성의 형성과정 연구
- 13 millimetre window(200 275GHz): 별과 행성의 형성과정의 중심인 warm gas, dust성분연구, 은하계 원자핵의 운동연구

이와 같은 스펙트럼의 분포와 이를 이용한 전파천문연구를 위해 사용되고있는 mm파에 대해 ITU에서 할당하고 있는 대역과 실제 사용이 상이하며 이에 따른 연구가 진행되어야 한다.

Resolution 723(WRC-97)에 근거하여 71GHz 이상 대역에서의 지구탐사위성(수동) 및 전파천문 업무용 주파수 할당문제에 대해 고려하고 있다.

기술 및 운용 검토 요약으로 71GHz 대역 이상의 전파천문 업무는 다음과 같다.

71 275GHz 대역에 할당된 업무는 1차 업무로 AS(amateur), ASS(amateur-satellite), RLS(radiolocation), RNS(radionavigation), RNSS(radio-navigation-satellite), BS(broadcasting) ,BSS(broadcasting-satellite), MSS(mobile-satellite), ISS(inter-satellite), FSS(fixed-satellite)이며, 2차 업무로 space-research(space-to-Earth), AS, ASS, RLS을 할당하고 있다.

이 보고서에서는 밀리미터파와 데시 밀리미터파 대역의 전파천문업무의 중요성 강조하고 있다. 현재 건설중인 대형 관측장비(MMA, LSA, LMSA)와 계획추진중의 대형 관측장비(SMA, LMT) 모두 850GHz 대역 가까이 까지 주파수를 사용하고 있고 국제 공동 협력 하에 추진되는 계획들이다.

71 275GHz 대역에 대해 ITU-R RA.314-8에 수록된 성간 분자선과 그 후 새로이 발견된 성간 분자선의 비교를 통해 이 대역의 전파천문업무의 중요성 강조하고 있다. 275GHz 대역 이상의 주파수 할당문제는 언급하지 않음. 다만 다수의 전파천문대에서 이미 900GHz 대역 부근까지 관측하고 있으며, 장래 전파천문업무에서 사용할 주파수대역을 제시하였다. 밀리미터파

대역의 전파천문업무용 수신기의 특성을 검토한 결과, 볼로미터 검출기를 통한 광대역의 관측필요성과 연속파 관측, 스펙트럼선 관측을 위한 낮은 감도의 관측이 필요하다고 판단하였다.

71GHz 대역 이상의 지구탐사 업무는 71-275GHz 대역의 지구탐사(EESS)업무와 우주탐사(SRS)업무에 대한 검토 결과, 오존과 ClO를 비롯한 지구대기의 미량가스탐사를 위해 현재 수행중이며 향후 필요한 업무로 결론내렸다. 275GHz 대역 이상의 주파수 할당문제는 언급하지 않고 있다. 다만 상당수의 주파수 대역에서 이미 관측을 실시하고 있으며, 추후 주파수대역을 확충할 계획임을 제시하였다. 아울러 381GHz 대역까지는 현재 보호받고 있으며, 향후 1000GHz 대역 부근까지 관측할 계획중인 사용할 주파수대역을 제시하였다.

검토 결과 주파수 분배에 대한 검토대역은 275GHz 이하의 주파수로 한정하였다. 먼저 전파천문 업무와 타 업무간의 주파수 할당문제는 전파 천문업무와 지상 업무로 구분하였다. FS, MS, AS, RLS 업무와의 할당문제는 지역할당(감쇠효과를 고려할 때, 반지름 100 km의 좌표계 필요)과 시간 할당이 가능하지만 BS와의 공유문제는 BS 업무의 특성상 지역할당과 시간할당은 곤란하다. 전파천문 업무와 MSS, FSS 업무는 상향 링크의 경우 타 지상 업무와 마찬가지로 지역할당을 통해 가능하며 하향 링크의 경우 시간 분할 또는 지역분할로는 불가능하다. 또한 하향링크의 주파수대역을 대기창의 가장자리 부근 대역으로 이동시킬 필요성 대두되고 있다. 전파천문 업무와 BSS 업무는 넓은 지역을 서비스 대상으로 하며 고출력을 필요로 하는 BSS 업무의 특성상, 전파천문 업무와의 공유는 매우 어려울 것으로 사료된다. 전파천문 업무와 RNSS, ASS, SRS 업무에 관한 공유는 RNSS, ASS, SRS 업무와의 line-of-sight 공유는 불가능하다. 현재 71GHz 대역 이상에서 서비스하는 위성은 없으며 71GHz 대역 이상에서 서비스할 경우, 소수의 위성수와 궤도요소가 알려지므로 시간분할을 통해 어느 정도 회피 가능하다.

전파천문 업무와 ISS 업무와의 공유의 경우 현재는 대기감쇠효과가 큰 주파수대를 대부분 사용하고 있기 때문에 큰 문제가 없으며 ISS 업무와 인공위성 사용의 전파천문 업무간에는 line-of-sight 공유는 원칙적으로 불가능하다. 다만 ISS 업무의 일부 대역(116GHz)이 전파천문업무의 CO 분자선에 인접해 있기 때문에 ISS 시스템과의 공유문제는 향후 연구과제로 하였다.

지구탐사 업무와 타 업무간의 주파수 할당문제에 대해서는 다음과 같은 결론을 얻었다. 지구탐사 업무와 지상업무의 경우 상당수의 대역에서 지구탐사 업무용 수동센서를 보호하기 위해 FS 업무에 제한을 줄 필요성이 있으며 114.25 122.25GHz 대역의 경우 철저한 규제조건하에서만 공유가 가능하다고 한다. 200 275GHz 대역의 경우, 공유불가능의 보고도 있으며, 주어진 가정 하에서 공유가능의 보고도 있다. MS, AS 업무의 경우도 FS 업무의 경우의 거의 비슷한 공유조건을 지니고 있다. 지구탐사 업무와 ISS 업무의 경우 pfd 제한 조건을 만족시키는 위성의 경우, 116 122.25GHz, 174.8 190GHz 대역에서 공유가능 하다. 지구탐사 업무와 MSS, FSS, BSS 업무는 지구 대 우주 방향의 경우 메인로브에 직접 간섭이 생기기 때문에 공유 불가능하며 우주 대 지구 방향의 경우 정보부족으로 연구된 바 없다.

MS, AS 업무의 경우도 FS 업무의 경우 거의 비슷한 공유조건을 지녔다. 지구탐사 업무와 ISS 업무는 PFD 제한 조건을 만족시키는 위성의 경우, 116 122.25GHz, 174.8 190GHz 대역에서 공유가능 하다. 지구탐사 업무와 MSS, FSS, BSS 업무는 지구 대 우주 방향의 경우 메인로브에 직접 간섭이 생기기 때문에 공유 불가능하다. 우주 대 지구 방향의 경우는 정보부족으로 연구된 바 없다. 지구탐사 업무와 RNSS, ASS 업무는 MSS, FSS, BSS 업무와 거의 유사하며 제한된 위성 수에 한하며 전파천문 업무와 RLS, RNS 업무는 양 업무간의 공유는 불가능하다.

전파천문 업무를 위한 해결방안은 전파천문 업무에 대해 추가로 제외하는 주파수는 없다. 전파천문 업무와 지상업무의 경우 지상업무용 대역 내에 전파천문 업무용의 주파수 신규 할당이 필요하다(이 경우 공동 1차 업무로 지정). 제한된 소수의 분할지역 내에 공유할당을 적용할 때의 장점은 전파천문 업무를 위해 필요한 대역 내에 지상업무의 접근이 가능하며 단점으로 는 71GHz 대역 이상의 주파수 공유에 따른 충돌이 예상된다. 100 km의 제한구역 설정내의 주거문제가 발생한다. 전파천문 업무와 위성업무의 경우 ASS와 같은 일부 업무와 공유가 가능하며 ISS 업무와도 공유 가능하다. 지역분할을 통한 일부 위성 업무와의 공유 가능한데 장점으로 전파천문 업무를 위해 필요한 대역 내에 일부 위성 업무의 접근이 가능하며 단점으로 위성 업무와 관련된 제한된 지역분할이 요구된다. 제공중인 서비스에 대해서는 궤도요소의 제한이 따르며 전파천문 업무를 위한 71 275GHz 대역 업무를

재조정한다. 불요방출 전파로부터 전파천문 업무 보호를 위해 71 275GHz 대역의 주파수 재분배가 필요하며 하향링크의 경우 대기 창 가장자리의 주파수로 이동한다. 전파천문 업무의 경우 대기창의 중심 부근(71 116GHz, 136 170GHz, 200 275GHz 대역)에 중요한 성간분자선(CO, CS, HCN, HCO+...)이 다수 존재한다. 대폭발의 흔적을 위해 필요한 광대역의 연속파관측을 위해서도 주파수 재분배가 필요하다. 장점으로는 지상 업무와 전파천문 간의 주파수 재분배를 통해, 필요한 스펙트럼 대역 확보와 전파천문 대역의 보호가 만족되며 기존의 주파수대역보다 대기흡수도가 낮은 주파수 영역으로 배정함으로써 전체적으로는 하향링크의 투과도 증가효과에 기여한다. 하향링크에 적용되던 RR S5.149와 같은 일부 제약사항이 제거된다. 단점으로 하향링크의 주파수대역이 기존 대역보다 흡수도가 더 높은 대역으로 이동되는 결과를 초래할 수 있다. 지구탐사 업무를 위한 방안으로 71 275GHz 대역에 대한 요구는 71 275GHz 대역내의 소동 센서를 위한 주파수 보호 필요하며 기존의 보호대역(86 92, 109.8 111.8, 164 167, 182 185, 226 231, 250 252GHz) 이외에 다수의 보호 대역이 필요 (100 102, 116 122.25, 150 151, 156 158, 174.8 176.5, 200 202, 235 238GHz)하다. 156 158GHz 대역은 2018년 이후로는 보호 해제 할 예정이다. 삭제 가능한 주파수대역은 현재 할당된 105 109.8, 111.8 114.25, 122.25 126, 167 168, 174.5 174.8, 217 226GHz 대역은 불필요하다. 71 275GHz 대역내에 1차 업무로 추가 분배가 필요한 주파수는 148.5 150, 151 151.5GHz/155.5 156, 158 158.5GHz(2018년 이후에는 불필요) 176.5 182, 185 191.8GHz/230 231.5GHz이다. 장점으로 추가 분배되는 주파수 대역은 현재와 미래에 수행될 기상연구와 지구환경연구에 적용이 가능하며 배제되는 주파수 대역을 능동업무에 사용 가능하다. 단점으로 주파수 추가에 따라 타 업무의 수행에 지장 초래한다. 275GHz 이상의 대역이 요구되어 향후 조정되면 275GHz 대역 이상의 수동업무용 과학연구에 긍정적 영향이 되나, 현재 알려진 바 없어 곤란하다. 결론적으로 기존의 RR S5에 수록된 주파수표에 대해 신규사용주파수 또는 주파수의 재 할당이 요구된다.

제 3 장 WRC 의제 1.17 연구

(18.6 18.8GHz 대역에서의 주파수 공유)

제 1 절 의제 1.17의 연구배경 및 주요이슈

의제 1.17는 18.6 18.8GHz 대역의 우주연구 업무(수동) 및 지구 탐사위성(수동)과 고정업무 및 고정위성업무간의 주파수 공유에 대한 연구이며 이 과제는 SG7의 WP7C(기상업무 및 기상원조 연구분야)의 ITU-R Question 215/7에서 논의되고 있는 과제이다. SG4(고정위성 연구분야) WP4A와 연합연구를 수행하고 있는 과제이기도 한 이 의제는 주로 2지역을 대표하는 미국과 3 지역의 유럽에 의견차이가 매우 심각하다.

의제의 주요이슈로는 WP4A에서는 FSS(고정위성업무)에 대한 pfd(power flux density)를 -82dB(W/m2/200MHz)로 WP7C에서는 FSS에 대한 pfd를 -101dB(W/m2/200MHz)로 주장하여 양측의 의견이 처음 연구시점에서는 매우 첨예화되어 있었다. 그러나 타협안으로 pfd -95dB(W/m2/200MHz)와 -88dB(W/m2/200MHz)를 제시되었고 1차적인 연구결과로서 -95dB(W/m2/200MHz)를 잠정 협의하였으나 아직까지 여러 나라의 연구결과를 통한 의견제시만 있을 뿐 완전한 결론에 도달한 것은 아니다.

제 2 절 유럽 및 제 1지역 의제결과 분석

동 대역에 대한 유럽의 공통적인 의견은 PDCP(Preliminary Draft CEPT Position for WRC2000)으로 제출하였다. 그 결과로 유럽국가들은 동 대역을 FS와 FSS 용도, 특히 이동 네트워크 기반 및 공공 전기통신 네트워크를 위한 중간 링크로 사용하고 있고 또한 향후 계속적인 이용이 예상되어 각 나라별 의견은 여러 가지이나 CEPT의 공통의견으로는 pfd에 대한 적절한 제한값 설정에 대해 no comment로 입장을 정리하였다. WRC SG7 WP7C에 롤려진 유럽의 각 나라별 연구결과는 다음과 같다.

1. 핀란드의 의제 연구결과

핀란드는 18.6 18.8GHz 대역의 대한 고정업무(Fixed Service, FS)와 지구탐사위성(수동), 우주연구(수동)업무간의 공유에 관해 연구하였으며 그 결과로 미국에서 주장하는 1차적인 타협안에 대해 부정적인 견해를 제시하고 있다.

WP7C는 1997년 6월 고정업무 송신기에 적용된 가능한 제한적으로 지시된 PDNR(Preliminary Draft New Recommandation)을 준비했다. 18.6 18.8GHz 대역에서 EESS(수동) 공유허가를 위해 WP7C는 Document 9D/143에 대해 WP9D에 다음과 같은 코멘트를 보냈었다. 이 자료는 송신기 분포밀도 가정의 타당성(validity)으로 0.5 송신기/km2 제시하였으며 운용에 관한 FS 제한의 적합성(suitability)에 대해 radio link 사용에 대한 정보를 제공한 것이다. 표 3-1은 핀란드의 18.6 18.8 GHz대역에서 사용되는 고정업무장비의 변수를 나열한 것이다. 이들은 짧은 거리나 낮은 송신 용량의 구체적인 응용에 사용한다.

표 3-1 18.6 18.8GHz 대역에서 FS 변수

	Doc. 9D/143에서 사용된 변수	핀란드에서 사용
평균 홉 길이	10 km	5 km
서비스 영역	도시 지역	도시 지역
최대 안테나 이득	-	38 dBi
최대 back주엽 안테나 이득	-10 dBi	-18 dBi
안테나로 유입되는 최대 power	다음 결정될 사항	-19 dBW/MHz
최대 총 power	-3dBW/200MHz	+4dBW/200MHz
co-channel 송신기 조밀도	0.5 개 /km2	0.04 개 /km2
18.6 18.8GHz 송신기 수	-	317

사용된 장비의 최대 출력은 -12dBW/5MHz이며 사용된 전형적인 접시 안테나는 각각 32에서 38dBi의 이득을 가지며 직경이 0.3 또는 0.6 m 이다. 핀란드의 전체 영역은 338.145km2 이며 육지의 면적은 각각 304,593 km2이다. 송신기가 가장 밀집된 곳은 대도시(수도)이며 이곳은 co-channel 첨두 조밀도가 15km의 배인 30km 영역에 0.04 개 /km2 이다. 평균 홉 길이는 5km이며 반면에 전형적인 홉길이는 단지 1.5 km이다. 전국적으로 사용되는 송신기는 246개이며 대부분 이용되는 채널의 평균 조밀도는 0.0007 개(송신기)/km2 이다. 총 송신기의 수는 317개이며 설치된(occupied)된 총 지역은 나라

전체 면적(육지부분만)의 1%보다 작다. 주파수 사용은 18.6GHz에 가깝게 몰려 있으며 317개 송신기의 대부분을 18.6 18.65GHz 주파수 영역에서 운용된다. Document 9D/143 부기 2의 연구는 18.6 18.8GHz 대역 주파수에서 실행할 수 있게 공유된다. 단지 간섭이 고정업무 안테나 side주엽로부터 센서 안테나 side주엽 까지 일어날 때의 경우를 제외한다. 이때 56.5dB 이득은 검증되었으며 446.684 송신기가 간섭 한계치에 가깝게 주어졌다. 연구에서 가정된 것 보다 낮은 안테나 side주엽 이득은 허가된 280만 송신기 수의 증가에 따라 8dB에서 64.5 dB까지 side주엽 간섭이득을 증가시켰으며 이것은 기존 1,533,560 송신기로 평가된 것과 비교된다. 전세계적인 조밀도는 0.5 송신기/km2가 3% 육지 영역 커버리지를 가정하면 최악의 경우 안테나 유입되는 최대 출력에 대해 200 MHz 주파수 대역 모두가 이용될 때 전체 안테나로 누적되는 출력은 - 14dBW에 달한다. 이것은 연구에서 가정된 - 3dBW 보다 큰 7dB이다. 여기서 검증된 고정업무 주범이 19.5에서 12.5 dB까지 센서 side주엽 결합이득을 줄인다. 비록 많은 송신기가 있지만 간섭 모드는 낮은 확률을 갖는다. 12.5dB 이득응 여전히 고려된 알맞은 값 일 수 있다.

송신기의 조밀도가 0.5 개/km2는 합리적인 가정이며 18.6 18.8GHz에서 사용되는 주파수 밴드에서 공유된다. 이 경우 안테나도 - 3dBW/200MHz의 제안된 - 3dBW/200MHz의 출력 초과가 필요하다. 따라서 이러한 제한은 받아들여질 수 있다. 그러나 이 제한이 4dBW/200MHz 보다 높으면 쉽게 수동 EESS 공유가 허용될 수 있다.

2. 영국의 의제 연구결과

영국은 7C/TEMP/132 Document에 대해 다음과 같은 의견을 제시하고 있다. 일반적인 의견으로 수동센서 간섭완화 및 보호조건은 중요한 이슈이며 보다 정밀한 조사가 수행되어야 한다고 하였다. 또한 18.6 18.8GHz 대역은 다른 어떤 주파수와 대체할 수 없는 대역으로 PDNR이 제시하고 있지만 WP7C에서는 동의하지 않고 있어 다른 대역에서의 공유 가능성을 반드시 조사하여야 한다고 주장하고 있다. 보다 구체적으로는 지표면에서의 임의의 pfd로 생성되는 FSS 위성의 방사가 EESS(수동) 우주탐사체 센서에 미치는 영향에 대해 서술하고 있다. 또한 Ka대역 주파수를 사용하는 FSS 다운링크에 관하여 자동적인 출력(power)조정을 하는 것은 부적당하며 관련 문서에서 제거해야 한다고 주장하고 있다. 이유로는 출력조정을 위해서는 위성체를 보다 복잡하게 설계해야 하며 그 비용도 올라가기 때문이다. 또한 조정의 효

과도 큰 감쇠의 원인이 되는 빗방울의 크기 때문에 대부분의 경우 제한적이며 위성 빔이 직접 미치는 영역에 비해서는 작게 된다.

위성체 수동 센서와 FSS 간의 공유에 관한 전망은 다음과 같다. 현재 지표면의 임의의 지점에서 pfd 는 ITU RR(Radio Regulation) 규약(Article) S21에 의해 18.6 18.8GHz 대역에서 FSS로 운용되는 임의의 위성에 대해 -105dB(W/m2/MHz)로 제한한다. 이것은 200MHz 대역에 대한 pfd로 -82dB (W/m2/200MHz)가 된다. 이 에 대해 두 가지를 고려한다. 첫 번째는 현재 규정하는 제한 이상으로 pfd 레벨을 생성하는 FSS위성이 실용적인지 아닌지에 대한 것이다. 수 년 동안 보통 대부분 사용된 FSS 위성 출력단은 40 MHz 간격으로 분리된 36MHz 트랜스폰더 밴드 폭으로부터 안테나의 RF출력이 40W 전송능력을 가지는 TWT를 사용한다. 또한 오늘날 FSS 위성의 대부분은 각각의 spot 빔을 가지는 재사용 이중 편광 주파수를 사용하고 있다. 이러한 특징은 200MHz에서 RF 출력의 26dBW에 해당한다. 지상에서 앙각 90도로 -82dB(W/m2)의 pfd를 만들어내기 위해서는 송신출력이 정지위성에 대해 54dBi의 안테나 이득을 요구한다. 18.6GHz에서의 안테나 직경은 약 3.2m가 필요하다. 이것은 오늘날의 기술로 실행가능한 일이며 저궤도 위성의 경우 더 작은 크기의 안테나의 사용으로 같은 pfd를 생성할 수 있다. 두 번째로 고려할 대상은 FSS 응용에 대해 규정제한 이상의 pfd 레벨을 요구하는지 안 하는지에 대한 사항이다. 지구국 복조기입력에 대해 C/N(carrier-to-noise ratio)은 안테나에 입력되는 pfd와 다음과 같은 수식으로 관계되어 있다.

$$C/N+M=pfd+A-Lf-10Log(kTB)\ dB$$

여기서 M(dB)은 강우 감쇠 보상에 필요한 다운링크 마진이며 A(dB[m2])는 안테나 유효 구경(즉 10Log($\pi D^2 \xi/4$) 이다. D는 안테나 구경, ξ은 안테나의 반사효율, Lf는 선복조기(pre-demodulator) 손실(eq 1 dB), k 는 볼츠만 상수(-228.6 dB(J/oK), T는 시스템 온도(예, 300oK),그리고 B는 밴드폭, 이 경우는 2×108 Hz 이다. 신호 유형에 좌우되는 C/N는 4dB(QPSK, 1/2 rate FEC, Viterbi 검출) 보다 작거나 18dB(high definition FM/TV) 보다 높다. 감쇠 이득은 기후 지역과 이용 조건에 따라 5dB에서 20 dB까지 일 수 있다. 그림 3-1은 규약(Article) 28 pfd 제한에 따라 운용되는 FSS 지구국의 안테

나 크기별 전파 이득을 보여주고 있다. 1m 보다 적은 크기의 지구국 안테나의 사용이 이미 널리 퍼져있고 크기로 점점 더 작아지고 있기 때문에 pfd 제한은 그림 3-2와 같이 FSS 이용에 심각한 영향을 준다. 센서에 수신된 간섭 레벨은 수신센서안테나와 반사된 FSS 신호의 반사방향사이의 입사각에 의존한다. 간섭 레벨은 북반구에서는 북쪽에서 남쪽으로 움직이는 센서보다 남쪽에서 북쪽으로 움직이는 센서가 더 낮다. 이러한 결과는 센서의 안테나가 위성 속도 벡터 방향의 nadir로부터 약 40o로 입사되며 FSS 위성은 GSO이기 때문이다. 반사방향에 대한 입사각의 변화는 각 궤도의 센서의 위치에 충분히 다르게 의존한다.

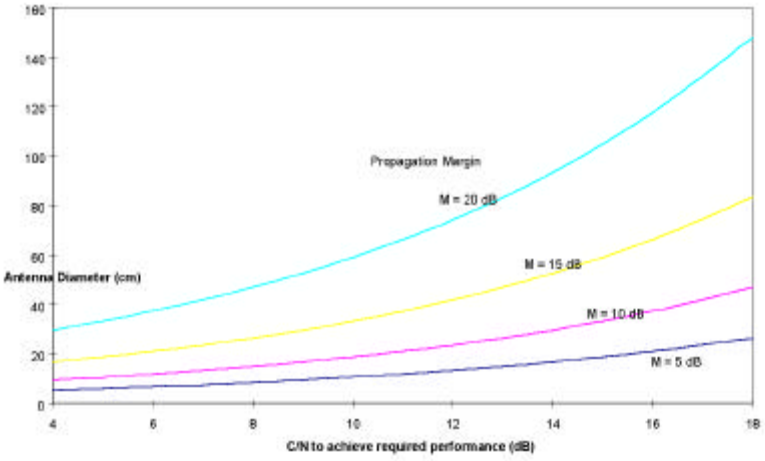


그림 3-1 규약 28 pfd 제한에 따라 운영되는 FSS 지구국에 대한 안테나 크기

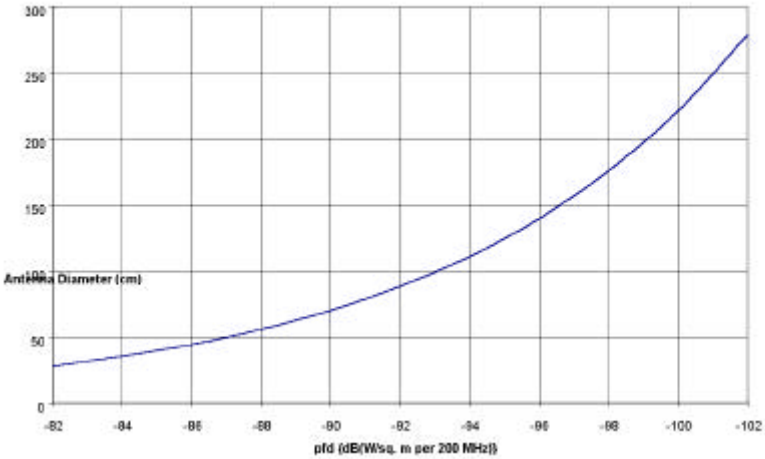


그림 3-2 pfd 제한 강화되면 FSS 지구국 안테나 크기에 미치는 영향

3. 프랑스의 연구결과

프랑스는 고정위성업무(Fixed Satellite Service, FSS)와 위성에 의한 지구탐사(Earth Exploration by Satellite, EES)간의 18.6 18.8GHz 대역의 공유에 관한 결과와 고정위성서비스인 GSO 위성의 운용으로부터 18.6 18.8GHz 대역에 대해 직하점으로 보이는 EESS(수동)간의 잠재적인 간섭 평가에 대한 결과를 제시하였다. 두 결과는 제 2 지역의 미국의 모의실험 결과자료와 관계가 있으며 두 자료 모두 각 나라별 제한 조건을 가정한 모의실험 결과들이다. 따라서 관련된 자료를 자세하게 살펴볼 가치가 있다.

먼저 고정위성업무(FSS)와 위성에 의한 지구탐사(EES)간의 18.6 18.8GHz 대역의 공유에 관한 연구는 5가지 사항을 토대로 의견을 제시하였다. 5가지 사항으로 18.6 18.8GHz 대역의 EES 라디오미터 운영 현황이 조사되었고 전파잡음 발생에 관계된 라디오미터 시스템 성능 현황, 라디오미터 성능 모델에 대한 전파잡음 pfd, 선택된 라디오미터의 정량적 응용, 잡음원에 교란된 라디오미터의 운용능력 고찰 등이다. 18.6 18.8GHz 대역 또는 부근대역에서 운용되는 space-borne 마이크로파 라디오미터는 두 가지 종류가 있다. 첫째는 해양강우 해수면풍, 열대성강우, 일반적인 강수 등을 관측하기 위한 18-19GHz대역(23.8, 36.5 89, 183 GHz와 같은 다른 주파수 채널과 결합) 사용되는 원격탐사 이미지 라디오미터이다. 이 센서는 전 지구 표면을 관측하기 위한 극궤도와 열대지역 연구를 위한 낮은경사 궤도 등이 있다. 두 번째는 포세이돈-제이슨과 같은 Radar Altimeter Remote Sensing을 위한 보정 라디오미터가 있다. 표 3-2에 나타난 자료는 SSM/I와 MIMR은 같은 유형의 장비이며 TRMM-TMI와 TROPIQUES-MADRAS는 궤도고도를 제외하고는 같은 성격을 가지고 있다. 또한 TOPEX-TMR과 JASON-JMR도 같은 유형을 가지며 각각의 라디오미터 성능은 표 3-3의 (a)와 (b)와 같이 나타낼 수 있다.

일반적으로 FSS 송신기와 EES 수신기간에는 기본적인 전파방해(jamming)가 일어난다. 전파방해 그 자체는 주부엽와 2번째 lobe의 합성, FSS 및 EES 주엽을 수반하는 부과문제와 우주대우주의 집적경로와 같은 경로 또는 부과수(number of contributions)를 포함한다.

표 3-2 마이크로파 라디오미터형 관측장비의 사용주파수 현황

관측기기	유형	궤도	스캐닝 모드	주파수(GHz)
TRMM-TMI	Tropical Imaging radiometer	35° *350 km*	Conical scan Incidence 52° Swath 1400 km	10.7(HV), **19.3**(HV), 21.3(V), 37.1(HV), 85.5(HV)
TROPIQUES-MADRAS	Tropical Imaging radiometer	22° 817 km	Conical scan Incidence 55° Swath 65°	10.7(HV), **18.7**(HV), 23.8(V), 36.5(HV), 89(HV), 157(HV)
SSM/I	Imaging radiometer	98.7° 883 km (DMSP-F10)	Conical scan Incidence 53° Swath 758 km	**19.3** (VH) , 22.2(V), 37.1(VH), 85.5(VH)
MIMR	Imaging radiometer	98° 705 km	Conical scan Incidence 50° Swath 1230 km	6.8, 10.7, **18.7**, 23.8, 36.5, 89 all dual polarisations
TOPEX-POSEIDON TMR	Calibration radiometer	Not Available	No scan Incidence (TBC)	**18,** 21, 37
JASON-JMR	Calibration radiometer	Not Available	No scan Incidence (TBC)	**18.7**, 23.8, 36.5

표 3-3 (a) 라디오 미터의 성능(계속)

라디오미터	궤도높이 (km)	입사각 (deg)	주파수 (GHz)	안테나 크기 (m)	안테나 이득 (dB)	θ_{3dB} (deg)
MADRAS	817	55	18.7±0.2	0.765	43.5	1.75
MIMR	705	50	18.7±0.2	1.60	49.9	0.59
JMR						

표 3-3 (b) 라디오 미터의 성능

라디오미터	Pixel크기 (km)	빔효율 $2.5\times\theta_{3dB}$(%)	라디오미터 민감도 (°K)	라디오미터 정확도 (°K)	적분시간 (msec)	스캔주기 (sec)
MADRAS	42x84	>95	0.5	1	16	3.0
MIMR	22	>91	0.5	1.5	4(12)	2.3
JMR						no

여기서 참고적으로 $\theta_{3dB} = 60\lambda/D$를 가진다.

직접경로와 별개로 지구로부터 산란되는 FSS 빔을 고려할 필요가 있다. 이 연구에 있어서 우리는 FSS 두 번째 lobe에 대한 EES 두 번째 lobe, EES 후엽에 대한 FSS 주엽에 직접 경로에 대한 간섭경로는 고려하지 않는다. 이러한 접근방법은 FSS와 EES의 주 빔이 지구 back-산란 효과이후에 직면한 환경만 고려할 것이기 때문이다. 그러나 가장 취약한 경우가 발생할 수도 있다. 먼저 주어진 EES(극궤도)궤도에 대해 위성은 FSS 남쪽 지대 또는 북쪽 지대방향으로 움직인다, 또한 EES 화소의 FSS 산란된 출력이 직접 수신기에 수반된다. 산란 메커니즘은 특히 큰 FSS 지대에 대해 많은 기본적인 기여의 가능성을 소개하므로 모의실험은 기본적으로 입사된 E.I.P.R로 인해 지구에 분배된 기본적인 소스로 진행하였다. 지구위의 부엽 footprint 가지는 단일 EES 부엽 화소로부터 수신된 전파방해 출력의 발생 경우를 고려해 보면 발생안테나 이득반응으로 인해 이러한 화소는 근사적으로 각 차원을 가질 것이다. 따라서 라디오미터 전파방해(jamming) 모델은 그림 3-3과 같다.

그림 3-3 모델 segment

그러나 라디오미터 성능 threshold 대해 입사된 유도된 FSS의 pfd 제한이 있다. 여기서 흰색 박스는 모델화되어야 될 것이다.

라디오미터는 기본적으로 채널 필터(즉 잡음 등가밴드폭 Bn)로 정의된 주파수 채널에 포함된 제곱법칙 측정기(square-law detector)로 잡음출력을 측정한다. 가능한 신호의 임의의 성질 때문에 측정기 출력 비디오 신호는 시간을 초과하여 누적된다. 수신기 등가 잡음 입력 온도 Te는 고려된 주파수대역내에서 안테나 온도(또는 Scene brightness) Ta에 비례하는 dc 볼트를 유도하기 위해 함수적으로 감산된다. 라디오미터 응용에 있어 안테나 주 반사크기는 안테나 구경, 궤도높이 및 입사각에 의해 결정된 지구화소크기의 공간해상도를 가지는 기본으로 선택된다. 안테나 집광력은 안테나 면적만이 아니라 구경에 대한 안테나 평균 온도로 좌우된다. 라디오미터 해상도 또는 민감도 성능은 유용한 dc 성분에 중첩된 jitter(ac 성분)의 레벨을 지시한다.

라디오미터 민감도는 $\triangle T = (Ta + Te)/\sqrt{(Bn\tau)}$이고 여기서 τ는 등가 적

분시간이다. 수신기 잡음온도 Te와 유효 overall 이득 G(RF 이득 포함, 측정기 민감도 및 비디오 이득)는 기기 보정 과정에 기인된 주기적(대부분의 응용들에 대한 모든 안테나 스캔)으로 계산된다. 특히 cold 하늘 및 온도 조절 보정 hot load.에 대응된 상황에서 계산된다. 수신기 잡음온도는 비디오 offset 볼트에 대응된다. offset 이후에 출력 dc 볼트는 Vn = GκTaBn 이다. 이와같은 전체적인 상황을 하나의 블록 다이어그램을 표현한 것이 그림 3-4이다.

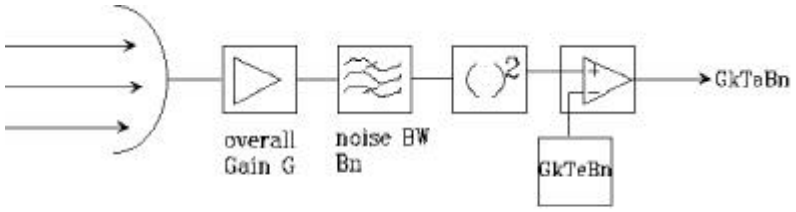


그림 3-4 라디오미터 수신기 함수적 블록 다이어그램

여기서 수신기 입력 출력은 Pin = pfdin S 여기서 S 는 주방향 안테나 등가면적, pfdin는 이용 가능한 pfd(pwer flux density)이다. 여기서 θ 방향으로부터 들어오는 파에 대해 수신기 입력 power는 Pin = pfd (Ga(θ)λ2)/(4π)다. 따라서 채널밴드에서 완전한 하락과 입력 CW 때문에 dc 성분의 VI= PinG이 되며 잡음대 간섭비(N/R)는 VN/VI = κTaBn/Pn으로 표현할 수 있다.

일반적으로 기준 전파방해 출력으로 지구로부터 날아오는 EIRPE를 사용한다면 지구부터 위성까지의 공간손실에 대한 18.7GHz의 전파손실을 보상하여야 한다. FSS 송신기 EIRP와 EIRPE간의 관계는 산란모델에 의존하며 EES 위성전파에 대한 FSS GEO의 간섭의 기하학적 구조는 그림 3-5와 같이 표현될 수 있으며 여기서 boresigh 각인 α와 전파방해 화소로 부터의 EES 위성전파 거리 *d* 는 각각 α= sin-1[sin *i* /(1+*h*/R)], *d* = R sin(*i*- α)/sinα로 나타낼 수 있다. 여기서 R은 지구반경을 나타낸다. 따라서 pfdin = EIRPE /(L4πd2)가 된다. 지구산란에 관한 부분은 두 가지 모델을 이용되는데 하나는 거울반사모델 σ = σo exp(- φ/6.19)을 사용한다. 여기서 σo = 15.1(11.8dB), φ는 거울반사 방향의 off축 각을 말한다. 두 번째 모델은 Lambertian 모델로 σ = σo cos(θi)cos(θr)을 사용한다. 여기서 θi 와 θr 는 각각 입사각과 반사각을 의미하며 σo = 1(0dB)를 의미한다. 따라서 EIRPE 는 pfdEσeffA로 표현될 수 있다. 여기서 σeff는 화소면적에서의 산란

계수를 말한다. pfdE는 지구로 입사되는 FSS 플럭스를 의미한다.

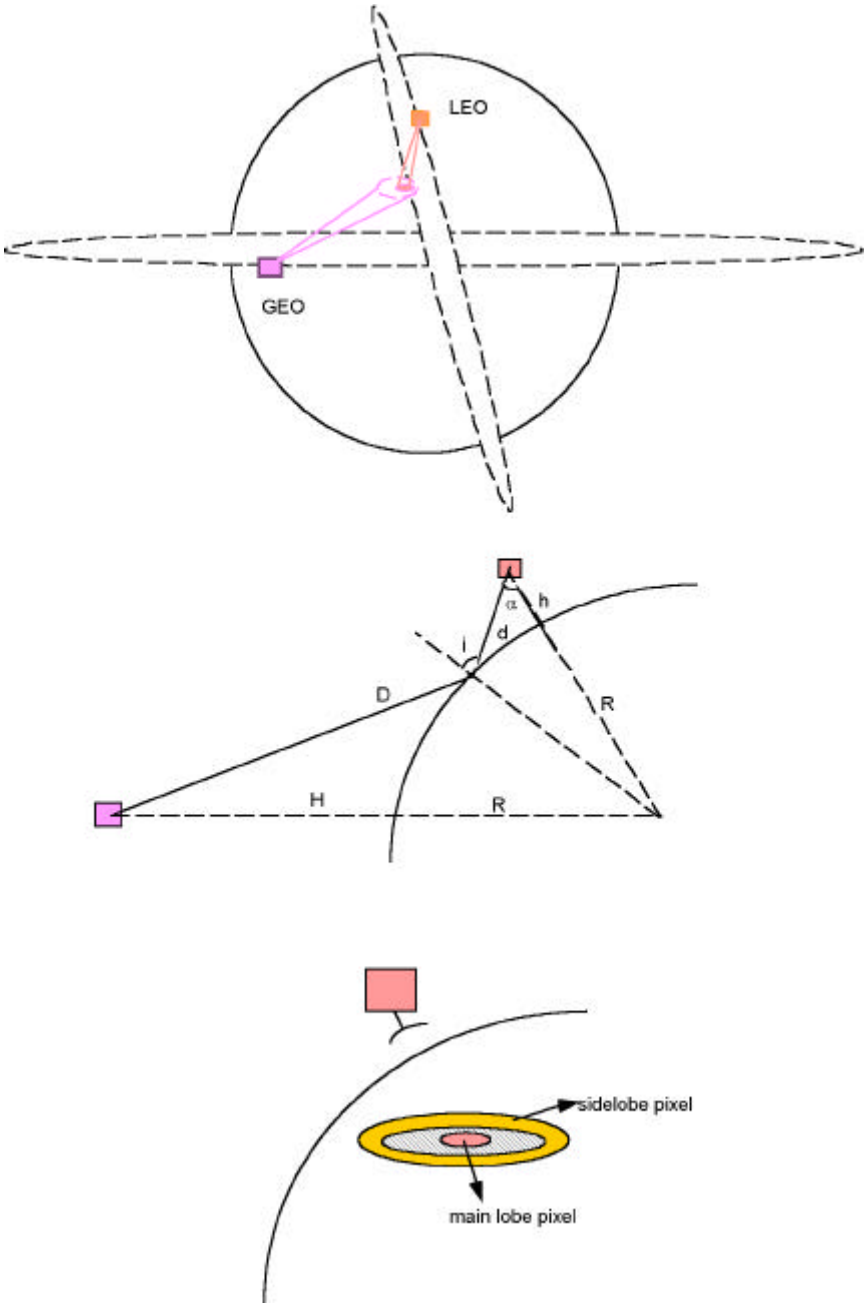


그림 3-5 전파간섭의 기하학적구조

이제까지 얻어진 각 부분을 통합하면 EES 안테나에 간섭으로 작용하는 입력된 간섭전력은 Pin = pfdEσAGa(θ)λ2/(d216π2L)로 나타낼 수 있다. 따라서 각각의 라디오미터의 전파방해 성능에 대한 전파의 간섭 link budget를 계산할 수 있으며 표 3-4와 표 3-5이다.

표 3-4 MIMR 간섭 budget

frequency data		
center frequency (GHz)	18.7	
free space wavelength (m)	0.016	
bandwith (GHz)	0.2	
Boltzmann constant (J/K)	1.38E-23	
EES satellite data		
orbit altitude (km)	705	
max .antenna gain (dB)	49.9	
beam efficiency (%)	95	-13 dB
lobe relative gain (dB)	-50	
min. incidence angle (□	45	
antenna temperature (K)	250	
radiometric sensitivity ΔT (K)	0.5	
Propagation computation		
α angle (□	39.6	
distance d (km)	952	
free space loss (dB)	131	
atmospheric attenuation (dB/km	0.12	
atmospheric attenuation (dB)	1.6	
Scattering data		
pixel size (km□	484	

Temp. error % ΔT	NIR dB	I at Rx I/P dBm	PFDin dB(mW/m□	EIRPe dBm	Specular case σ=12 dB ϕ=0° PFDe (spec) dB(W/m□	Specular case σ=0 dB ϕ=0° PFDe (spec) dB(W/m□	Lambertian worst case i=r PFDe (lamb) dB(W/m□
10	37.0	-129	-129	4	-125	-113	-116
20	34.0	-126	-125	7	-122	-110	-113
30	32.2	-124	-124	8	-120	-108	-111
40	31.0	-123	-122	10	-119	-107	-110
50	30.0	-122	-122	11	-118	-106	-109
60	29.2	-121	-121	11	-117	-105	-108
70	28.5	-120	-120	12	-117	-105	-108
80	28.0	-120	-119	13	-116	-104	-107
90	27.4	-119	-119	13	-115	-104	-107
100	27.0	-119	-119	14	-115	-103	-106

표 3-4는 MMIR 센서에 대한 간섭 budget이며 표 3-5는 MADRAS의 간섭 budget이다. 이 자료에는 TMR-JMR에 센서에 대한 간섭 budget은 계산하지 않았다. 따라서 위의 두 표의 결과를 볼 때 18.6 18.8GHz 대역의 ESS에 대한 FSS 신호간섭은 200MHz 밴드폭에서 약 -122dBW/m2와 -106dBW/m2를 가진다. 따라서 프랑스에서는 FSS를 1차업무로 사용해도 2차업무이 ESS에 지장을 주지 않는 것으로 계산하였다.

고정위성서비스인 GSO 위성들의 운용으로부터 18.6 18.8 GHz 대역에 대해 직하점으로 보이는 EESS(수동)의 잠재적 간섭 평가에 대한 프랑스의 의견도 간섭평가와 마찬가지로 미국의 의견과 다른 자료를 제출하고 있다. 먼저 간섭 시나리오로 16개 FSS 위성에 대한 EESS에 최악의 경우를 가상적으로 가정하여 계산하였다.

표 3-5 MADRAS 간섭 budget

frequency data

center frequency (GHz)	18.7	
free space wavelength (m)	0.016	
bandwith (GHz)	0.2	
Boltzmann constant (J/K)	1.38E-23	

EES satellite data

orbit altitude (km)	817	
max .antenna gain (dB)	43.5	
beam efficiency (%)	95	-13 dB
lobe relative gain (dB)	-50	
min. incidence angle (□	45	
antenna temperature (K)	250	
radiometric sensitivity ΔT (K)	0.5	

Propagation computation

α angle (□	38.8
distance d (km)	1096
free space loss (dB)	132
atmospheric attenuation (dB/km	0.12
atmospheric attenuation (dB)	1.6

Scattering data

pixel size (km□ 1000

Temp. error % ΔT	NIR dB	I at Rx I/P dBm	PFDin dB(mW/m□	EIRPe dBm	Specular case σ=12 dB ϕ=0° PFDe (spec) dB(W/m□	Specular case σ=0 dB ϕ=0° PFDe (spec) dB(W/m□	Lambertian worst case i=r PFDe (lamb) dB(W/m□
10	37.0	-129	-122	11	-120	-109	-112
20	34.0	-126	-119	14	-117	-106	-109
30	32.2	-124	-117	16	-116	-104	-107
40	31.0	-123	-116	17	-114	-103	-106
50	30.0	-122	-115	18	-114	-102	-105
60	29.2	-121	-114	19	-113	-101	-104
70	28.5	-120	-114	20	-112	-100	-103
80	28.0	-120	-113	20	-111	-100	-103
90	27.4	-119	-113	21	-111	-99	-102
100	27.0	-119	-112	21	-110	-99	-102

표 3-6 18.6 18.8 GHz 대역에서의 FSS 요소들

커버리지(Coverage)	22 Conterminous, 2 off-shore for USA, extrapolataed to all populated areas in the latitude range -40° to +60°
5 dB beamwidth	1.0°
Max. antenna gain	46.5 dBi
지표면에서의 pfd	각 편파의 -95 to -101.0 dBW/m2/200 MHz
Polarization	RHC and LHC each beam
Bandwidth	200 MHz
Frequency reuse	Every fourth beam
Antenna pattern	Rec. S.672 with Ln = -25 dB and Lf = 0 dBi

먼저 전형적인 18.6 18.8GHz 대역에서의 FSS 시스템의 기술에 대해 표 3-6

과 같이 FSS 요소들을 나타낼 수 있으며 EESS의 수동센서 요소들은 표 3-7와 같이 표현할 수 있다.

표 3-7 18.6 18.8 GHz 대역에서의 EESS 수동센서 요소들

궤도높이	1340 km
궤도 경사각	66.0°
앙각	0°
편파	선편파
수신기 대역폭	200.0 MHz
간섭 threshold	-155 dBW/100 MHz
Along track spatial resolution	30 km
Across track spatial resolution	30 km
선편파에서 원편파로의 편파변화손실	1.5 dB

여기서 고려된 센서는 현재 TOPEX/POSEIDON에 장착된 TMR과 JASON에 장착된 JMR과 같이 앞에서 고려하지 않았던 TMR/JMR 센서에 대한 사항을 표 3-8의 전세계의 모든 해변길이를 측정한다는 최악의 가정하에 함께 고려한 것이다.

표 3-8 거주하고 있는 전세계 영역에 대한 근사적인 해변길이

지역 이름	Approximate length (km)
Western America	12000
Eastern America	15000
Eastern Europe + Eastern Africa	15000
Western Africa + India	10000
China, Eastern Russia	10000
Australia, Japan	12000
New-Zealand와 small islands	6000
전체	80000

EESS와 FSS간의 간섭레벨을 계산하기 위한 기하학적 구조는 그림 3-6과 같다. 여기서 R은 역시 지구반경이며 Rt는 GSO FSS 위성의 고도 Rr은 EESS 위성의 고도, ϕ는 EESS 센서 footprint(직하점) 중심의 위도를 나타

낸다.

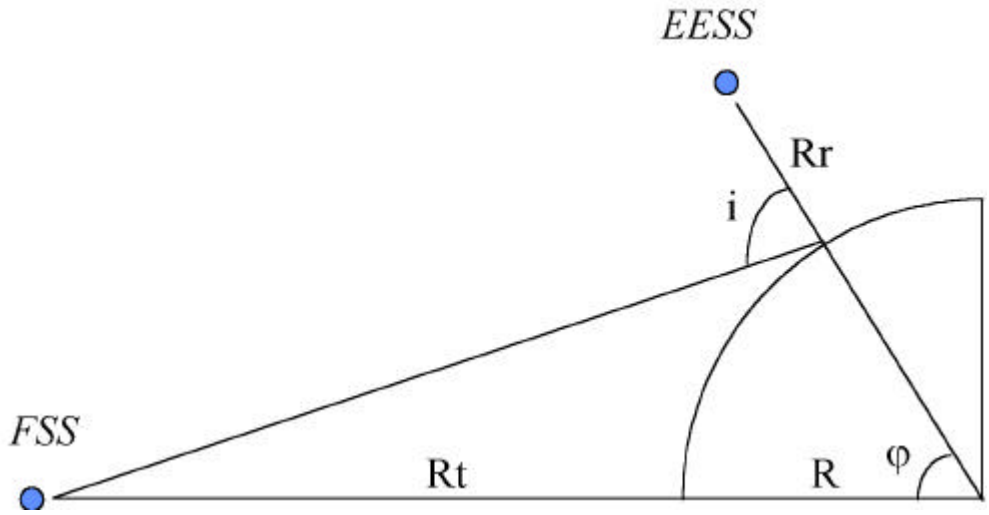


그림 3-6 간섭의 기하학적 구조

여기서 계산된 간섭출력 Pr은 Pr = pfd Asσs Ar/(Lt Lr Lp 4πR2r)로 계산된다. 여기서 pfd는 지구에서 측정된 FSS 송신기의 pfd이며 As는 역시 지구에서 측정된 센서의 footprint 면적, σs는 bistatic 산란계수, Ar은 수신기 안테나의 면적을 의미한다. 또한 Lt는 송신경로를 따라 발생되는 대기의 손실, Lr은 수신경로에 따라 발생되는 대기의 손실 Lp는 원편파에서 선편파로의 편파 손실을 나타낸다. 또한 수신기의 안테나면적 Ar은 πλ2/(16β2r) 여기서 βr은 3dB 반(half)대역폭을, footprint 면적 As는 πβ2rR2r로 나타낸다.

후방산란 계수에 대한 모델은 그림 3-7과 같이 계산되어지며 표 3-9와 같이 주어진다. 이렇게 계산된 모델를 기초로 계산된 간섭 값은 표 3-10에서 표 3-12까지 최소, 평균, 최대의 3가지 경우로 표현가능하며 각 값은 최대 -132 dB를 초과하지 않는다.

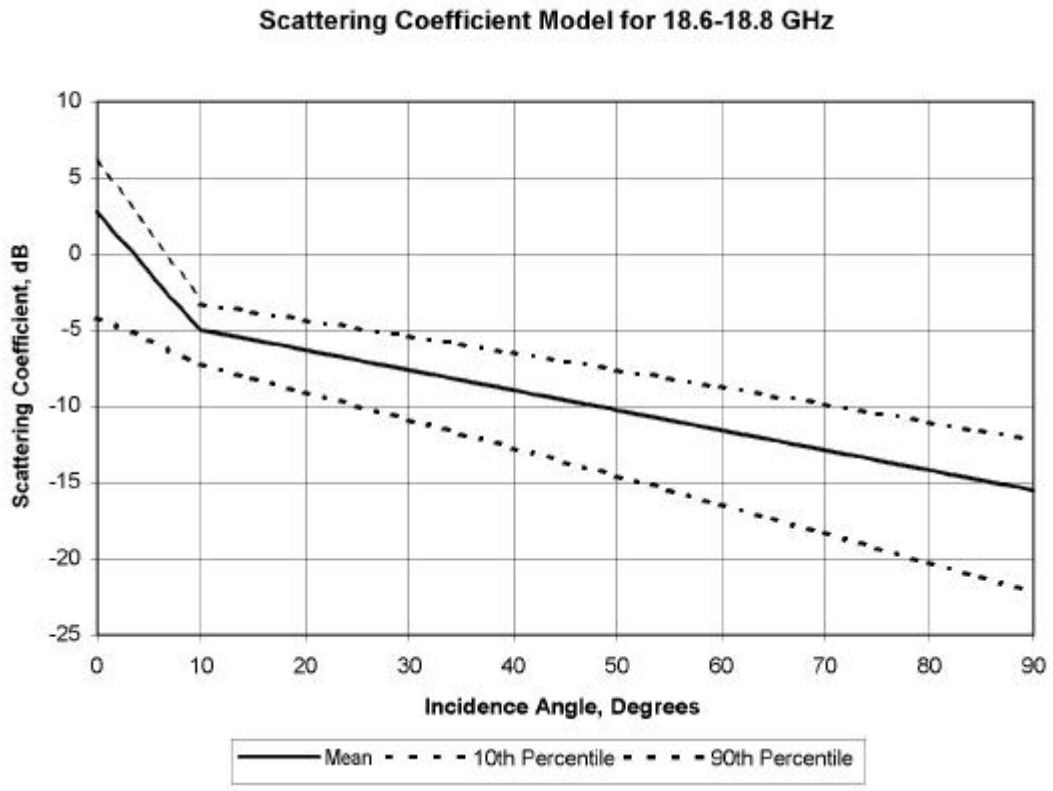


그림 3-7 후방산란 계수 모델

표 3-9 FSS에서 EESS 간섭에 대해 고려된 후방산란계수

위도 (°)	입사각(°)	최소 σ0 (dB)	평균 σ0 (dB)	최대 σ0 (dB)
0	0	6	10	14
15	18	- 9	- 6	- 4
30	35	- 12	- 8	- 6
45	52	- 15	- 10	- 8
60	68	- 18	- 13	- 10

표 3-10 - 95dBW/m2/200MHz와 같은 FSS pfd에 대한 최소 간섭레벨

위도 (°)	4 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)	7 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)
0	-134	-132
15	-149	-145
30	-152	-150
45	-155	-153
60	-158	-156

표 3-11 - 95dBW/m2/200MHz와 같은 FSS pfd에 대한 평균 간섭레벨

위도 (°)	4 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)	7 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)
0	- 135	- 133
15	- 151	- 147
30	- 153	- 151
45	- 155	- 153
60	- 158	- 156

표 3-12 - 95dBW/m2/200MHz와 같은 FSS pfd에 대한 최대 간섭레벨

위도 (°)	4 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)	7 FSS빔에 대한 간섭레벨(dBW/100MHz)
0	- 137	- 136
15	- 155	- 151
30	- 157	- 155
45	- 159	- 157
60	- 161	- 159

제 3 절 미국 및 제 2지역 의제 분석 결과

의제 1.17의 주요 관련국인 미국은 매우 논리적으로 18.6 18.8GHz 대역에 대한 FSS(Fixed Satellite Service)에서의 GEO, HEO, LEO 위성과 Spaceborne 수동센서간의 공유에 관한 연구와 FSS에서 GSO 위성운용으로부터 발생되는 18.6 18.8GHz 대역의 EESS(수동)으로 잠재적인 간섭에 대한 검증에 대한 결과를 WRC에 제시하고 있다. 앞서 제 1 지역인 유럽의 프랑스에 대한 분석결과도 제시하였지만 제 2 지역, 특히 전세계적인 관측을 위주로 하는 미국의 경우 매우 심각한 상황이 아닐 수 없다.

먼저 18.6 18.8GHz 대역에 대한 FSS(Fixed Satellite Service)에서의 GEO, HEO, LEO 위성과 Spaceborne 수동센서간의 공유에 관한 연구로 기존의 수동센서와 GEO FSS 시스템간의 간섭에 관한 모의실험결과를 제시하였다. 이 모의실험을 위해 수동센서를 가진 시스템은 각 궤도의 50%를 운용하는 것과 최대 FSS 시스템 pfd가 -101 dBW/m2/200MHz로 가정하였다. 또한 같은 방법으로 HEO 및 LEO도 고려하였다.

표 3-13 Spaceborne 수동센서 변수

궤도 높이	500 km	
궤도 경사각	90.0o	
센서 boresight 앙각	-45o (위성에서 측정)	
센서 boresight 방위각(scan된)	± 70o (속도 벡터로부터 측정된)	
센서각 스캔률	180o/s	
센서안테나 패턴	dBi	Off 축 각, θ
	57.0	0.0o ≤θ≤ 0.2o
	21.0	0.2o ≤θ≤ 5.5o
	-14.0	5.5o ≤θ≤ 19.0o
	-17.0	19.0o ≤θ≤ 180.0o
편파	선편파	
수신기 기준밴드폭	100.0 MHz	
수동센서의 입력에 있어 간섭한계 (interference threshold)	-155 dBW /100 MHz 시스템적인 간섭 시간의 1% 랜덤 간섭시간의 5%	

Spaceborne 수동센서에 가정된 변수들은 앞서 프랑스 자료에서 나타낸 것과 같이

ITU-R SA 515-3, SA 1028-1, 1029-1 및 Doc 4A/88-E에 기초하고 있으며 표 3-13과 같이 나타낼 수 있다.

FSS 변수는 USCSID에 근거한 GEO 및 HEO 시스템을 가정하였다. USCSID는 12개의 GEO와 8개의 HEO로 구성된 미국 우주 시스템이다. GEO의 경우 A, E, W의 3개의 성분으로 구분하며 HEO는 P를 기본으로 8개의 궤도면에 11시간 58분의 주기를 가지는 위성으로 구성되어 있다. 이들 모든 위성들은 on-booard 신호처리방식을 사용하고 있으며 up-link로 왼 원편파를 down-link로 18-21.2GHz의 오른 원편파를 사용한다. 이때 FSS의 궤도요소는 표 3-14와 같으며 링크 변수들은 표 3-15와 같이 표현된다.

표 3-14 FSS 궤도요소

		GEO(정지궤도)	HEO(고타원궤도)	LEO(저궤도)
원지점(고도)	km	35788	39400	1400
근지점(고도)	km	35788	1000	1400
주기	sec	86164	43082	6827.1
이심률		0	0.72	0
경사각	deg	0	63	50
근지점 이각	deg	0	270	0

표 3-15. FSS 링크 변수들

		GEO	HEO	HEO	HEO	HEO	LEO
고도	km	35788	7500	12000	20000	39400	1400
출력	dBW	19	9.5	12.5	15	15	N/A
100MHz에서의 출력	dBW	2.9	-6.6	-3.6	-1.1	-1.1	N/A
안테나 이득	dBi	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	N/A
Nair에서의 PFD	dBW/m2/100MHz	-108.2	-104.1	-105.2	-107.1	-113.0	-105.0
Nair에서의 PFD	dBW/m2/200MHz	-105.2	-101.1	-102.2	-104.1	-110.0	102.0
주파수 밴드	GHz	18.0 21.2	18.0 21.2	18.0 21.2	18.0 21.2	18.0 21.2	18.0 21.2
최소 앙각	deg	10	10	10	10	10	15

산란 계수는 skylab에서 얻어진 후방산란 잘를 기초로 검증한 연구결과이며 후방산란이란 지표면으로부터 산란된 출력을 측정하는 것이다. 앞의 3-7에서는 입사각에대한 후방산란 계수 모델을 적용하였지만 그림 3-8은 off-거울반사각에 대한 산란계수를 산출하였다. 이 off-거울반사각은 측정수신기 산란된 에너지의 방향과 거울반사방향 사이의 각이다. 왜냐하면 산란계수는 그림 3-9와 같은 기하구조를 가지는 원형적인 대칭구조를 가지고 있기 때문이다.

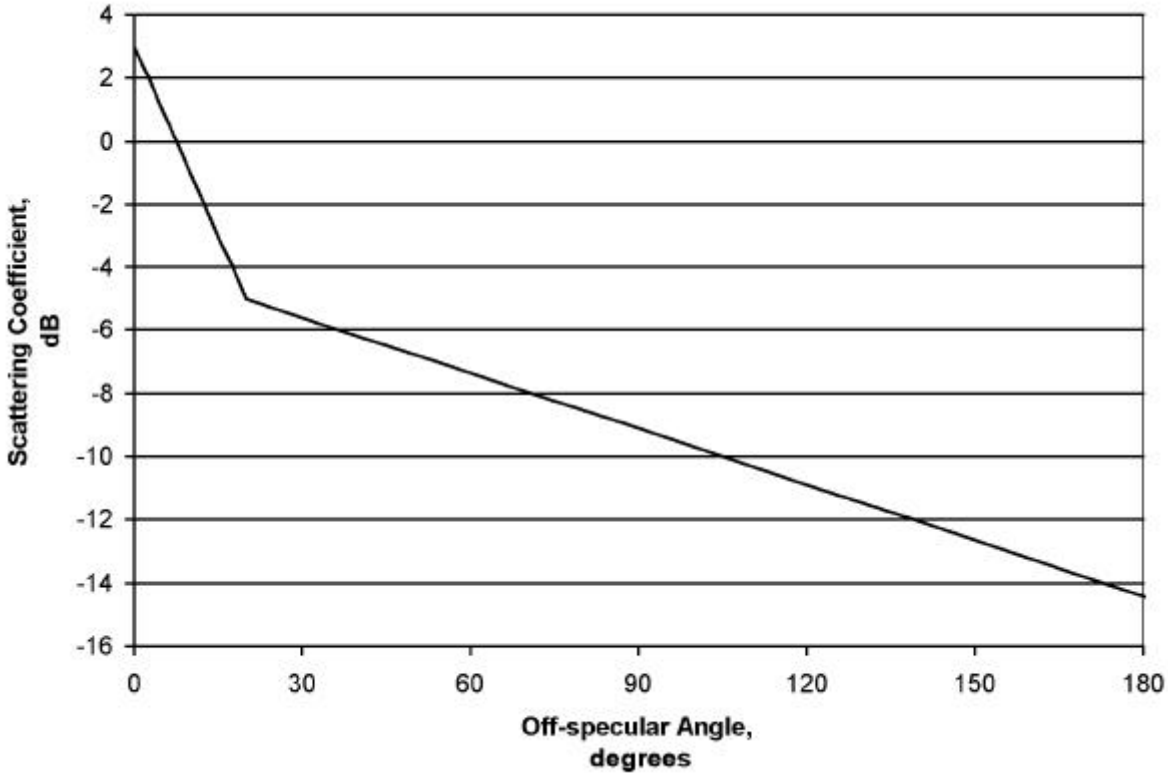


그림 3-8 산란계수

따라서 spaceborne 수동센서에서 수신된 간섭 출력은 그림 3-9와 같은 상황에서

$$P_R = \mathrm{PFD} \cdot A_S \sigma_0 \frac{A_R}{4\pi \cdot R_R^2} L_T L_R L_P$$ 과 같이 주어진다. 여기서

pfd는 지구표면에서 측정된 FSS 송신기의 pfd이며 As는 지표면에서 측정된 센서의 footprint 면적, σo는 산란계수 AR은 수신기 안테나의 면적을 의미한다. 또한 LT는 송신경로를 따라 발생되는 대기의 손실, LR은 수신경로에 따라 발생되는 대기의 손실 Lp는 편파 손실을 나타낸다.

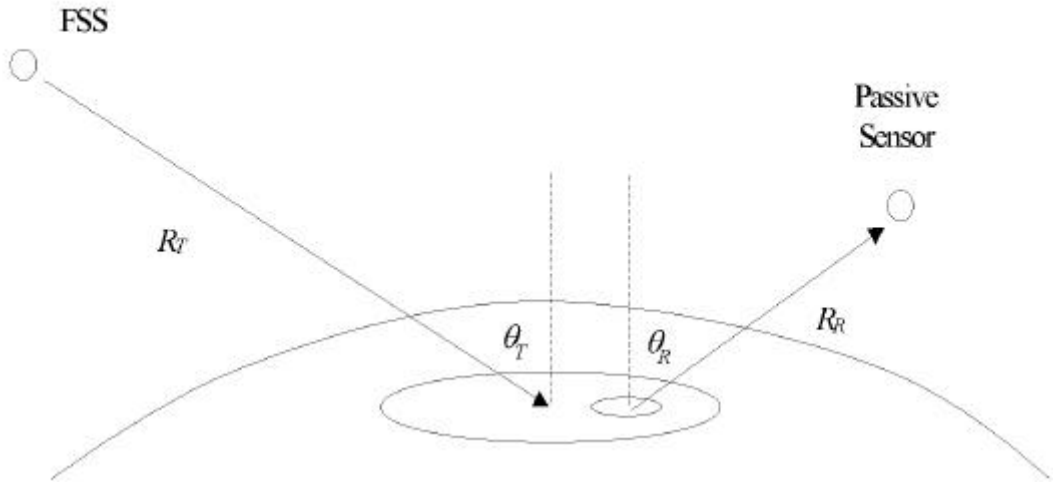
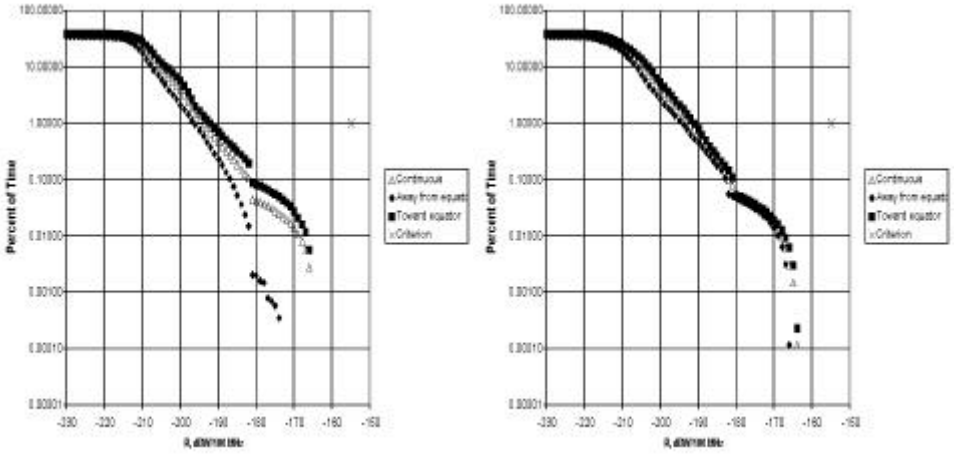


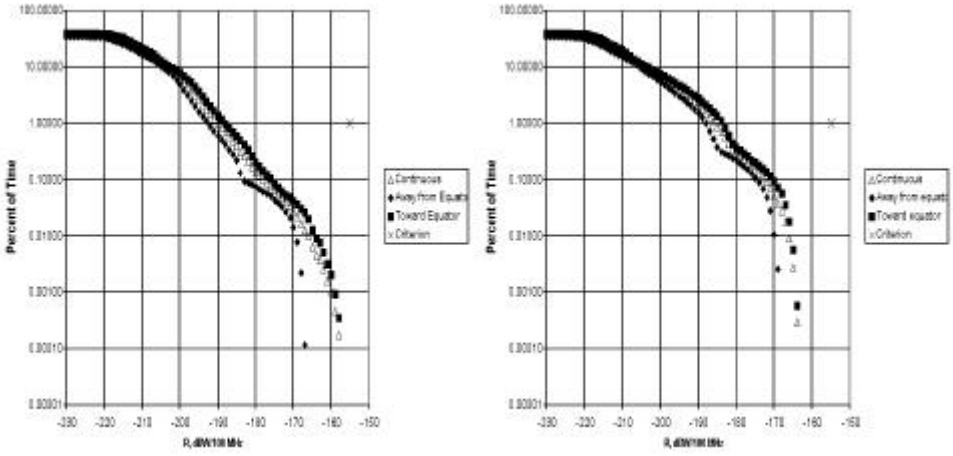
그림 3-9. FSS위성과 EESS 수동센서와의 기하학적 구조

pfd는 pfd = PrGr/4πR2T 와 같이 나타나며 여기서 Pr은 FSS송신기 출력이며 Gr은 FSS 송신긴 안테나 이득이다. 또한 As = πλ2/16β2R이다 As는 수동센서 안테나의 면적이며 λ는 파장 βR는 3dB 반(half)대역폭이다. As는 평면에 수직인 경우 πβ2RR2R 이지만 각이 생기면 분모에 cos(θR) 추가된다. 이러한 모의실험을 위한 가정을 토대로 계산된 결과는 GEO의 경우 그림 3-10에서 3-11까지 나타나 있으며 HEO의 경우는 그림 3-16에 LEO의 경우는 3-18에 나타나 있다.



위도 0도 위도 20도

그림 3-10 GEO 간섭원으로 인한 간섭 초과 시간



위도 40도 위도 60도

그림 3-11 GEO 간섭원으로 인한 간섭 초과 시간

HEO 간섭원을 받은 경우는 기하구조를 3가지로 구분할 수 있으며 각각 기하구조 1과 2는 그림 3-12에 나타나 있으며 그 결과는 그림 3-14에 보이며, 기하구조 3의 경우는 3-13에, 그 결과는 3-15에 나타나 있다.

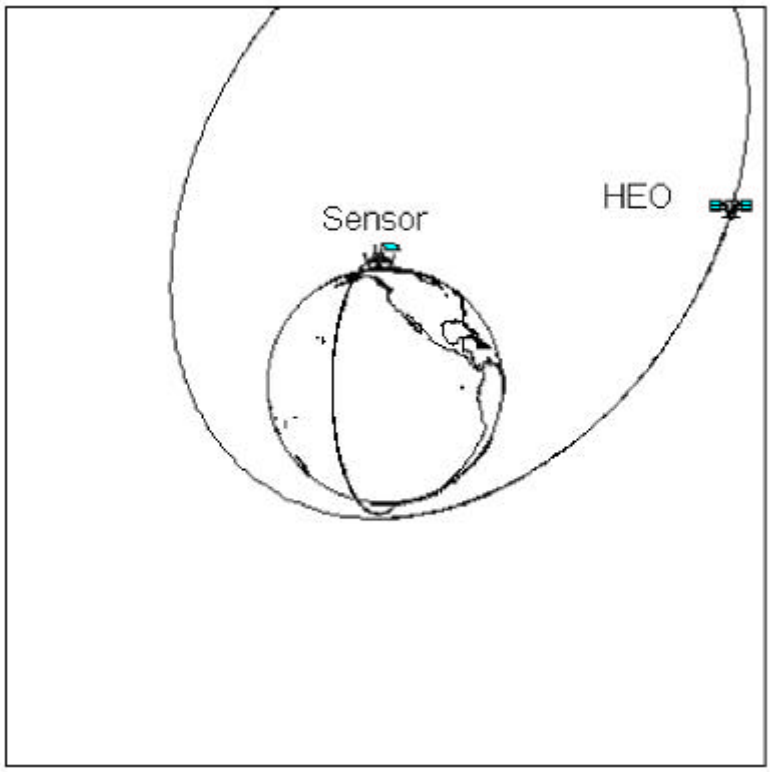


그림 3-12 HEO 간섭원 기하학적 구조 1과 2 경우

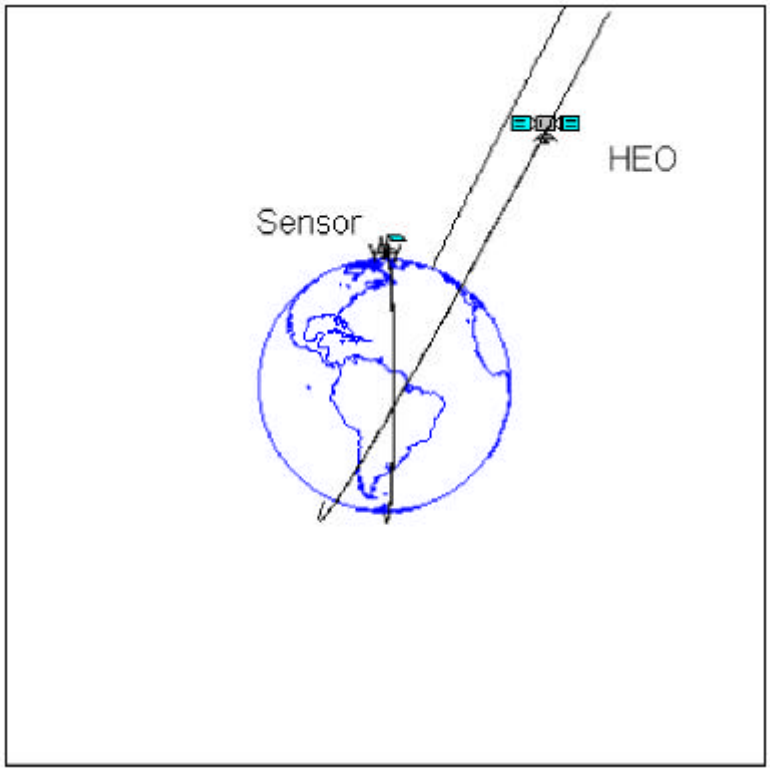
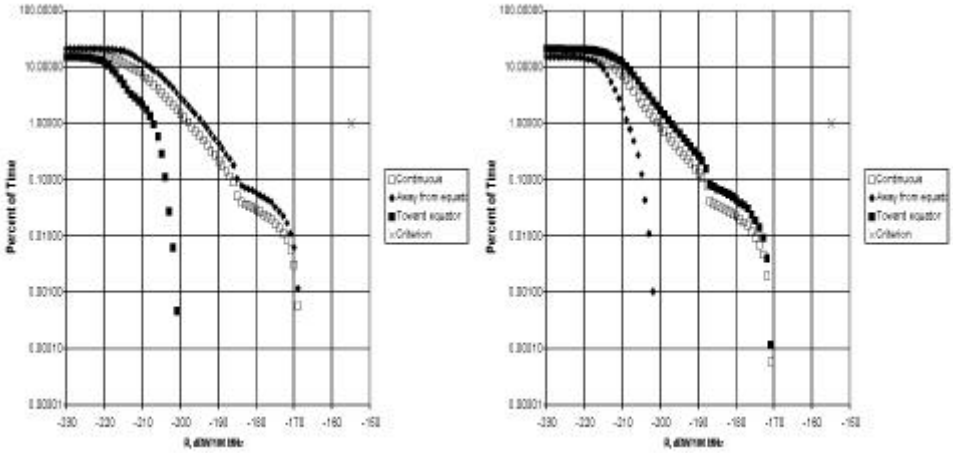


그림 3-13 HEO 간섭원 기하학적 구조 1과 2 경우



기하학적 구조 1 기하학적 구조 2

그림 3-14 위도 40도에서의 HEO 간섭원으로 인한 간섭 초과 시간

LEO의 경우는 동입사 승교점과 90 offset 승교점과의 LEO간섭원에 관해 그림 3-16은 결과를 그림 3-17과 그림 3-18은 궤도의 기하학적 구조를 나타내었다.

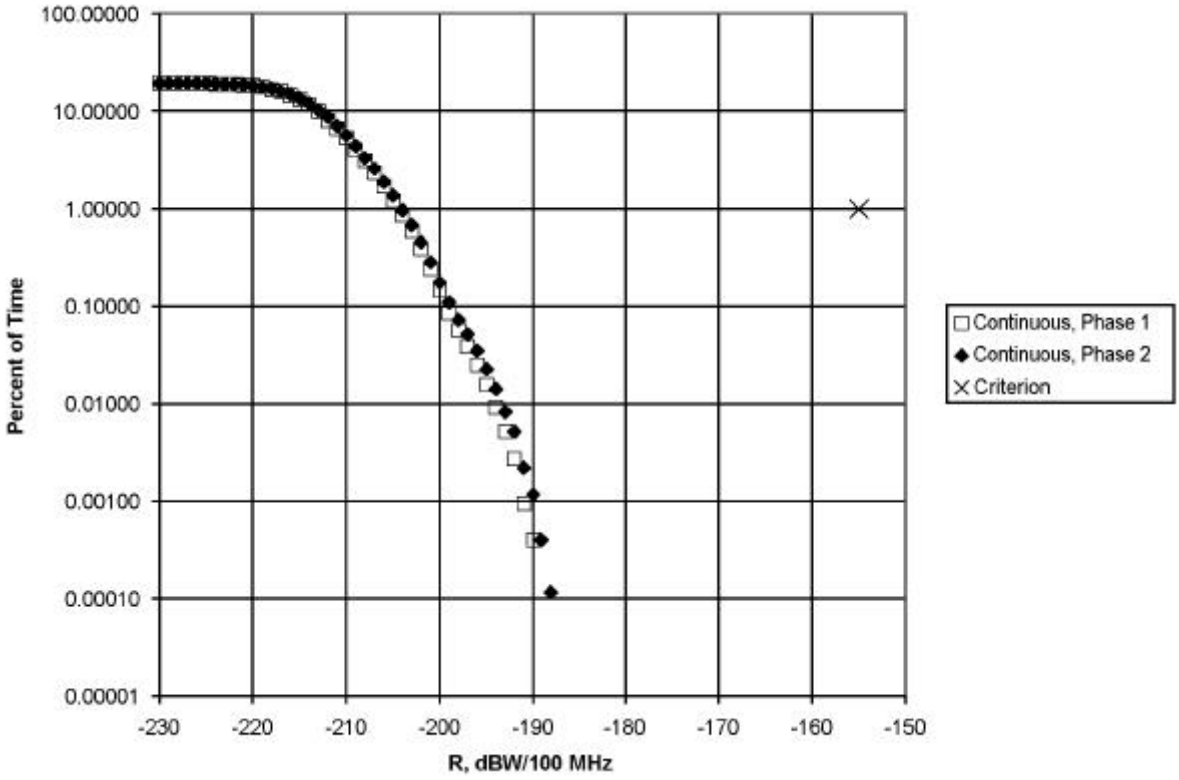
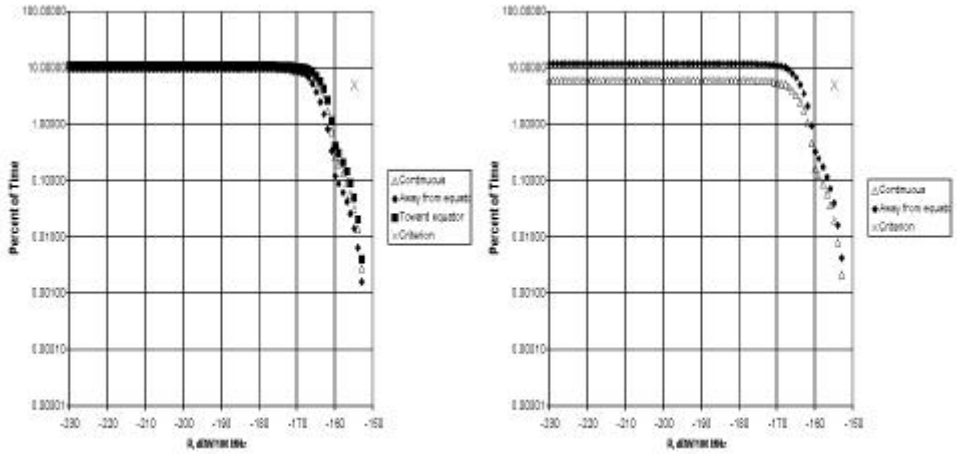


그림 3-15 위도 40도에서의 기하구조 3의 HEO 간섭원으로 인한 간섭 초과 시간



a) **동입사 승교점** b) 90 offset **승교점**

그림 3-16 LEO 간섭원으로 인한 간섭 초과 시간

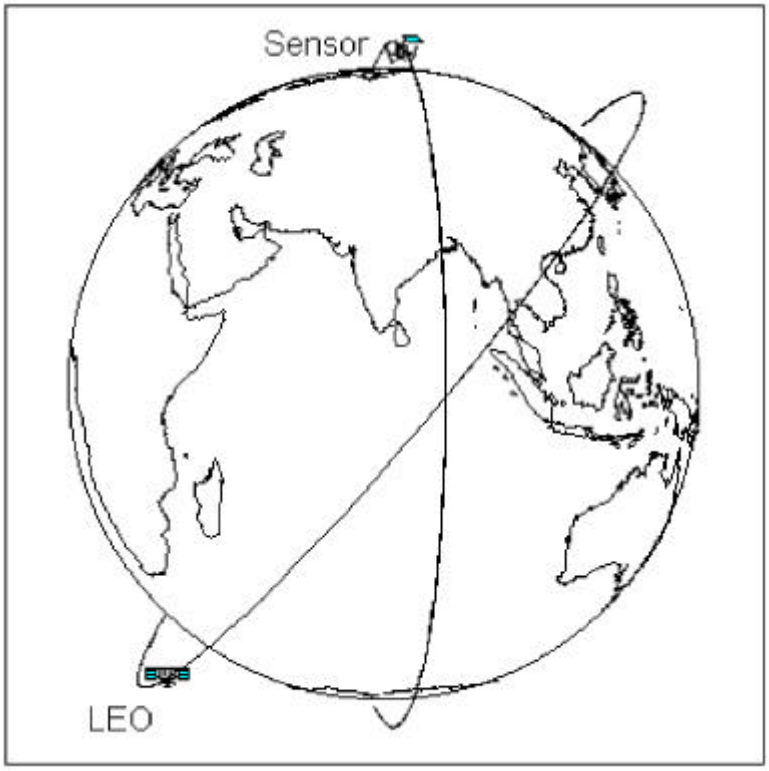


그림 3-17 LEO 간섭원 동입사 승교점

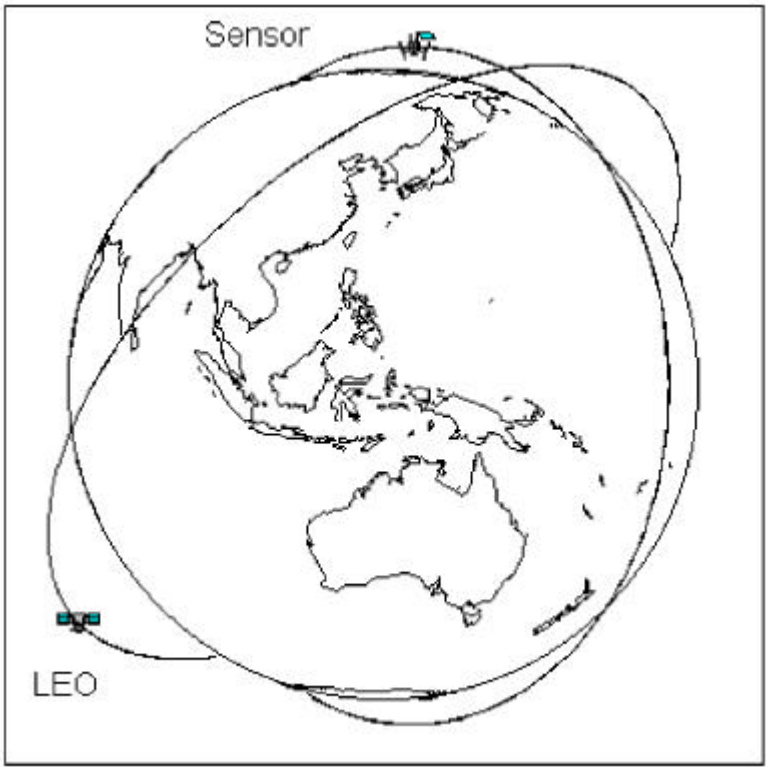


그림 3-18 LEO 간섭원 90o offset 승교점

FSS GSO 위성운용으로부터 발생되는 18.6 18.8GHz대역의 EESS(수동)

으로의 잠재적 간섭에 대한 검증은 ITU-R 권고 SA. 1029-1의 간섭에 관한 사항에 부합된다. 16개 GSO 시스템의 겨우 24개의 spot 빔으로 동시에 고정 위성업무를 수행 중에 있으며 이때 발생되는 EESS 위성의 수동센서 미치는 영향에 대한 가장 최악의 경우를 제안하고 있다. 그림 3-19와 같은 간섭 시나리오를 통해 볼 수 있듯이 FSS의 각 beam은 지리적으로 분리되어 있지만 22개의 beam은 공통적인 하나의 커버리지를 형성하고 그에 따른 산란에너지가 EESS에 간섭을 일으키지만 전체 FSS 커버리지 영역을 만드는 FSS spot 빔과 비교할 때 수동센서의 영역은 매우 작다. 따라서 간섭에 관한 모의실험은 스캔의 크기가 2도 증가에 대해서만 수행할 수 있다.

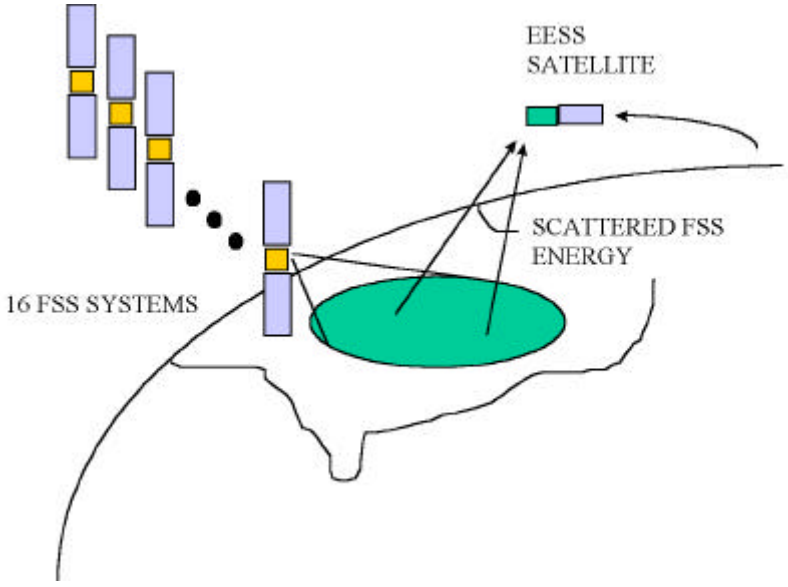


그림 3-19 Spaceborne 센서 16 GSO FSS 시스템 간섭

각각의 시스템들은 최소화된 intra-시스템 간섭으로 스펙트럼의 부분이 될 것이다. 그림 3-20의 F1에서 F4까지의 빔은 4개의 등가 spot 빔을 나타내고 있다. 22개의 인접하는 spot 빔은 4개의 GSO과 주위 다른 빔과 겹치는 부엽을 가지는 다른 GSO로부터 산란출력으로 작용할 것이다. 참고로 18.6 18.8GHz 대역의 FSS 변수들에 대해 표 3-16에 나타내었다.

산란모델의 경우 spaceborne 센서로의 간섭레벨에 영향을 주는 중요한 변수는 지표면의 반사도이다. 반사도는 센서에 보는 지표면의 산란 계수로 말할 수 있다. 이것은 GSO FSS의 소스 방향의 후방산란된 에너지이다. 따라서 skylab의 S-193 산란 측정기로부터 측정된 자료는 그림 3-21과 같이 나

타나 있다.

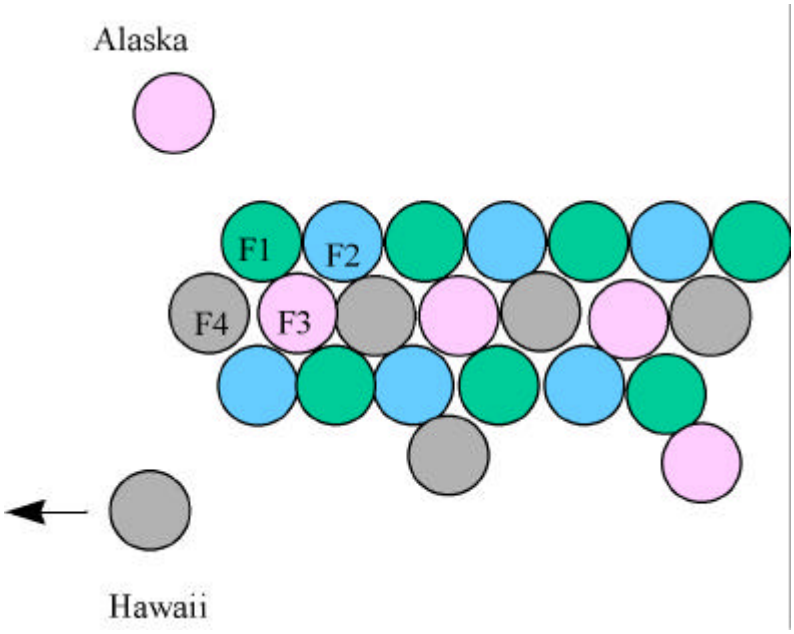


그림 3-20 두 개의 off-shore 빔과 22개의 빔으로 구성된 전형적인 FSS 영역

표 3-16 18.6 18.8 GHz 대역의 FSS 요소

커버리지	22개 인접, 2 off-shore
5dB 빔폭	1.0o
최대 안테나 이득	46.5 dBi
지구 표면에서의 PFD	각 편광 -101.0 dBW/m2/200MHz
편광	RHC와 LHC 각 빔
빔폭	200 MHz
주파수 재사용	모든 4번째 빔
안테나 패턴	Ln=-25dB와 Lf=0dBi를 가진 권고 S.672

그림 3-22는 18.6 18.8GHz에서의 외삽된 평균, 변이성에 적합한 대수-수직 변수들을 나타낸 것이다. 유도된 중앙값은 평균값에 근사적이지만 동일하지는 않고 필요는 하다. 표준편차는 거의 0o 의 입사각에 있어 4 dB이고 10o 입사각에서는 최소, 90o 입사각에서는 약 4dB보다 점진적으로 증가한다. 그림 3-23은 수직 및 10도 입사각에서의 산란계수의 분포를 나타낸 것이다.

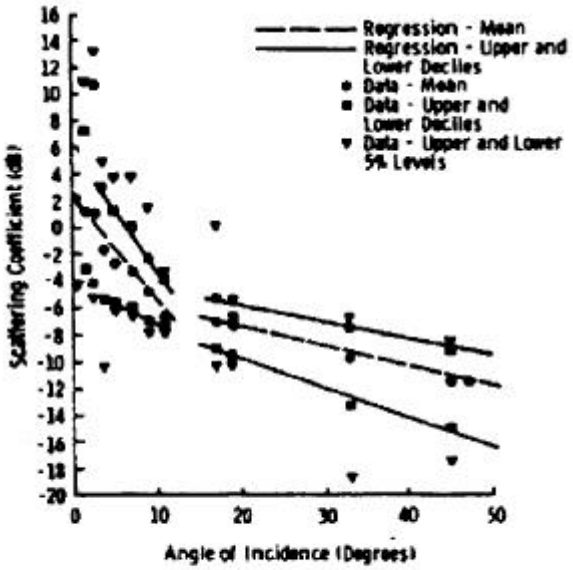


Fig. 2. Skylab over-land observations. Regression lines shown for mean $0^\circ < \theta < 11^\circ$, $17^\circ < \theta < 45^\circ$. Deciles $3.5^\circ < \theta < 11^\circ$, $17^\circ < \theta < 45^\circ$.

그림 3-21 Skylab S-193 산란측정기(Scattermetor)로부터 나온 자료

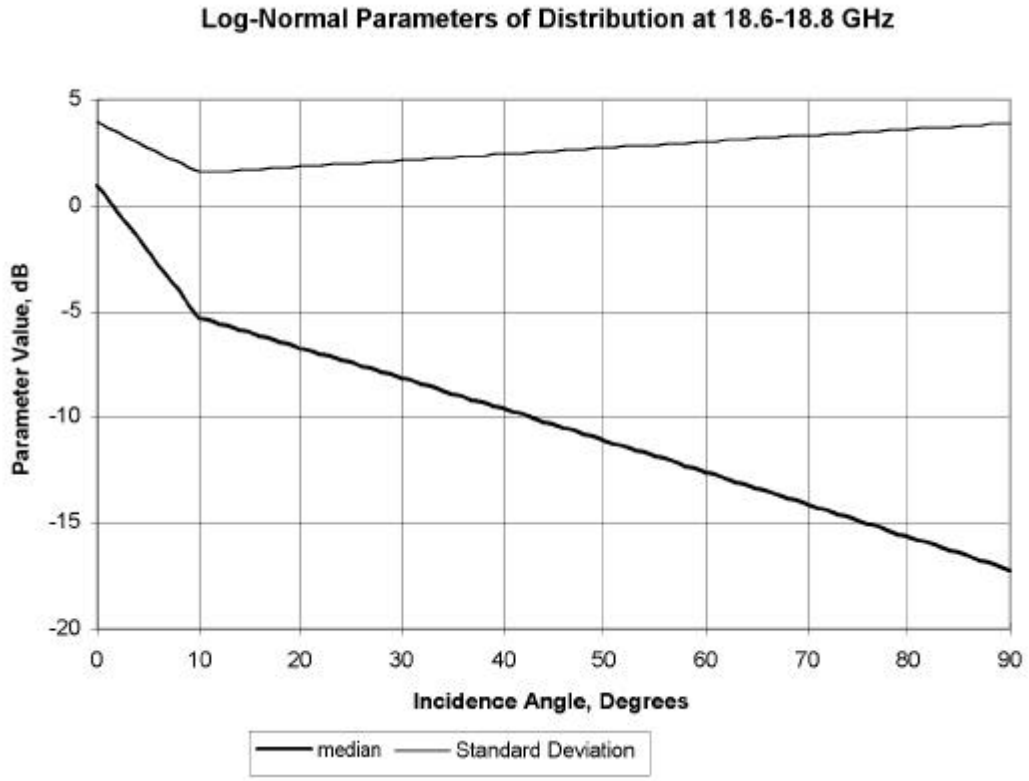


그림 3-22 분포의 대수-수직(Log-normal) 요소

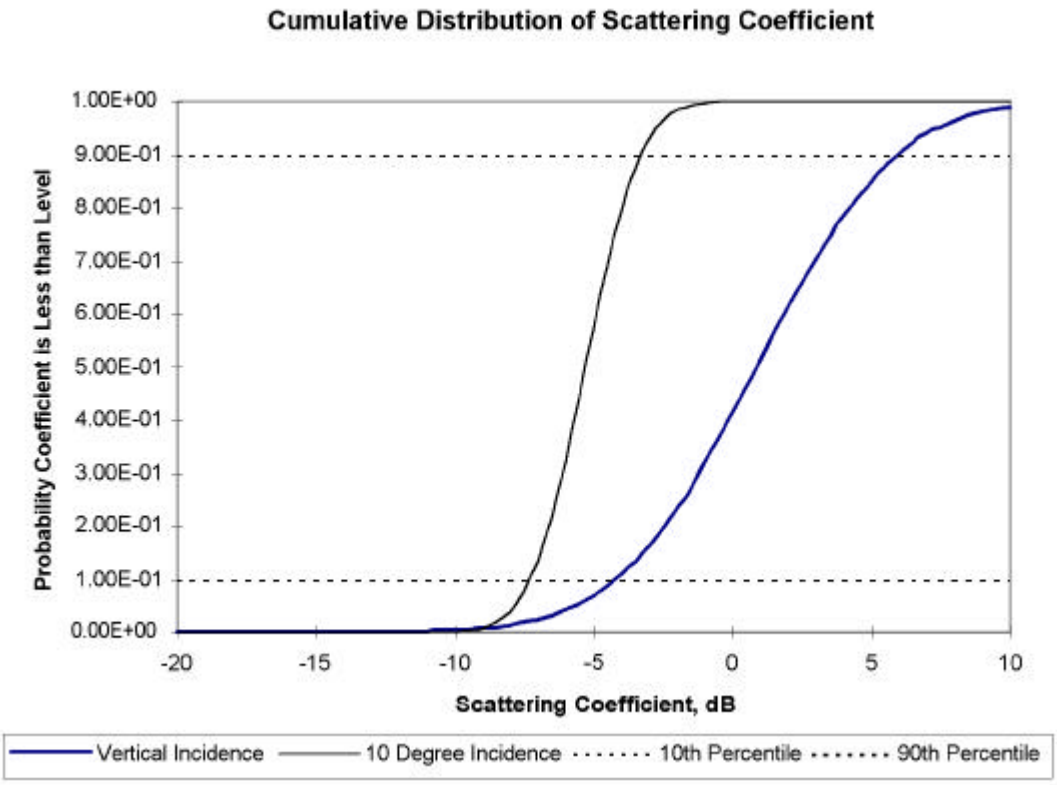


그림 3-23 수직 및 10도로 입사된 산란 계수의 분포

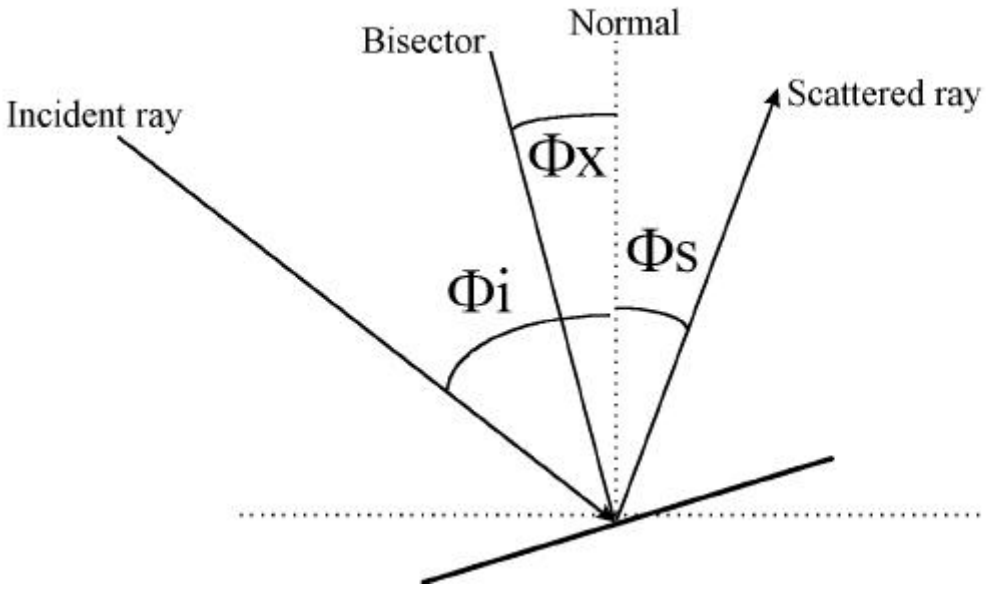


그림 3-24 평면 반사에서의 Ground echo의 Geometric Optics 접근

후방산란으로부터 bistatic 산란 계수 모델은 그림 3-24와 같이 평면 반사인 지표반사의 기하학적 구조를 통해 검증할 수 있다. 그림 3-24는 Φx는 수직에 대한 bisector

의 각이며 Φx = (Φi - Φs)/2 이다. Φi는 입사각, Φs는 산란각이다. 같은 개념으로 Out-of plane에서의 산란에 대한 기하학적 구조는 그림 3-25이다.

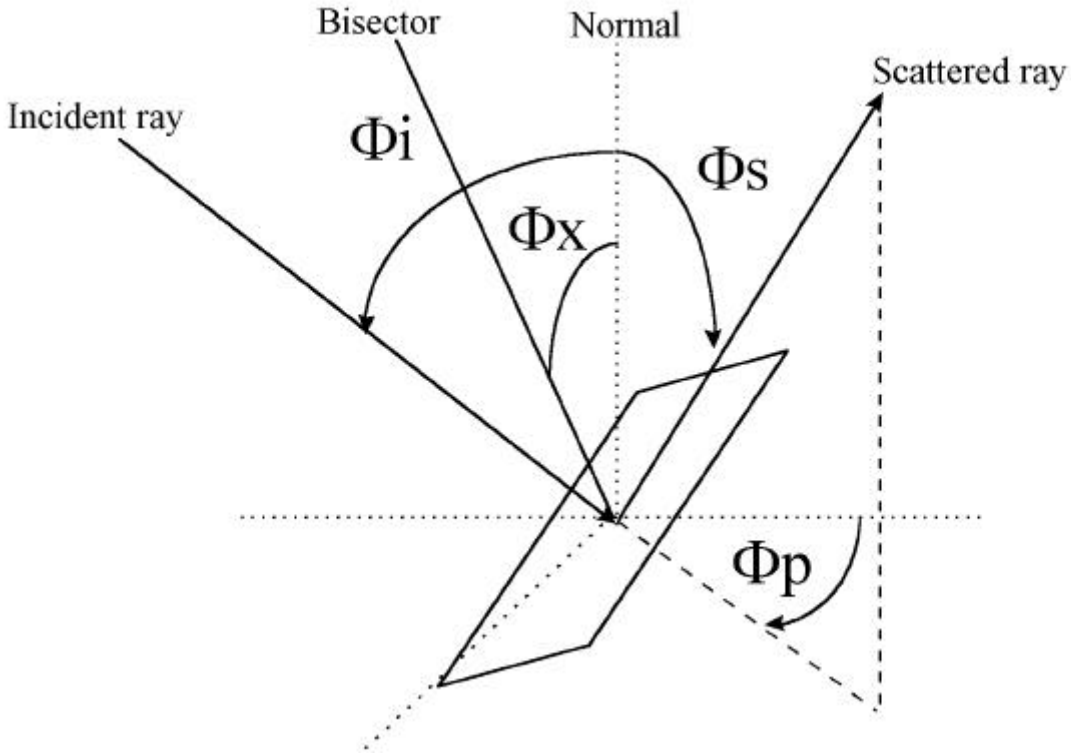


그림 3-25 Out-of plane 반사에 대한 기하학적 구조

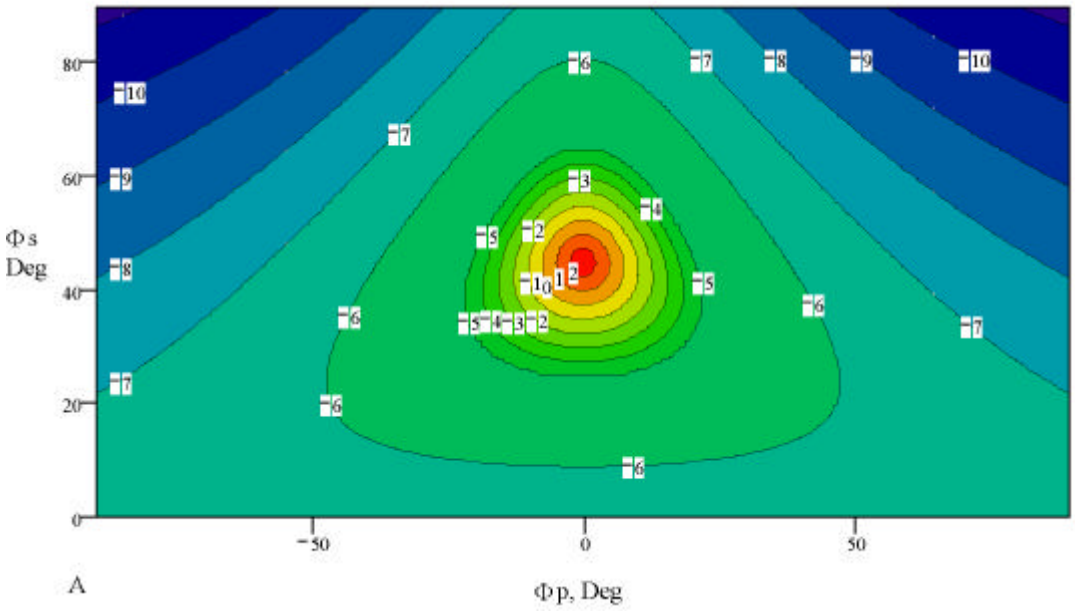


그림 3-26 반사계수에 대한 등고선 상수

그림 3-26은 Φp와 Φs와의 관계를 나타내는 반사계수에 대한 등고선 상수를 나타낸 것이다. 따라서 Φp가 0도 이고 Φs가 45의 경우 최대 에너지가 specular 방향으로 집

중된 것을 볼 수 있다. 이 결과를 토대로 고정위성 커버리지 영역에서의 산란에 의한 센서의 영향을 평가할 수 있다. 따라서 이러한 모의실험으로 얻을 수 있는 것은 -101dBW에서 -82 dBW/m2/200MHz사이까지 위성에 대한 pfd 값이 변화되며 미국의 입장의 경우 이러한 최악의 모의실험 및 시나리오가 결코 발생하지 않을 수 없는 것을 우려하고 있다. 따라서 GSO 뿐만 아니라 NGSO를 고려한 전체적인 경우를 살펴보면 표 3-17에 나타난 것과 같이 단일 기선의 NGSO 시스템에 대해 NGSO pfd 및 GSO pfd 값의 5% 정도 손실인 -95dBW/ m2/200MHz로 화소 손실을 결정하는 것이 바람직하다고 제시하고 있다. 만약 4개의 기선에 대한 NGSO의 pfd는 5% 기준시 -99dBW/m2/200MHz로 나타내어야 한다.

표 3-17 다중 NGSO 시스템으로부터의 산란에 기인된 간섭 화소 손실

PFD	독립된 NGSO 시스템의 수			
dBW/m2/200MHz	N=1	N=2	N=3	N=4
-101	0.16	0.34	0.65	1.42
-100	0.27	0.65	1.56	3.76
-99	0.52	1.43	3.92	9.88
-98	1.06	3.33	9.53	21.7
-97	2.21	7.15	19.5	39.2
-96	4.46	14.1	34.0	58.8
-95	8.19	24.2	50.8	76.0
-94	13.6	36.8	67.2	88.4
-93	20.6	50.9	80.7	95.5
-92	28.9	64.3	90.3	98.6
-91	38.0	76.1	95.7	99.7
-90	47.6	85.7	98.6	99.9
-89	57.6	92.5	99.6	100
-88	67.4	96.7	99.9	100
-87	76.5	98.7	100	100

제 4 절 일본의 의제결과 분석

18.6 18.8GHz 대역에서의 Project EESS(수동)에 대한 FSS(우주대 지구)의 pfd 제한에 대해 일본의 결과를 제시하였다. 내용은 pfd제한으로서 수동센서를 보호하기 위하여 pfd 제한을 101 dB(W/m2/200MHz)으로 지시하였고 Document 7C/temp/68에 보여준 권고안과 같이 수정하였다. 그러나 일본은 high rate 통신위성의 발사계획을 가지고 있으며 이 위성은 Doc 4A/37에 보여진 최소한 pfd -90.4dB(W/m2/200 MHz)를 가지는 작은 접시 터미널(안테나)로 통신을 한다. 또한 Doc7C/65, 7D/48(1998)에 보인 자료에 의하면 일본 ADEOS (Advanced Earth Observing Satellite-II) 위성에 탑재된(Doc 7C/temp/65에 나타낸) 1GHz에서 40GHz사이의 EESS(수동) AMSR (Advanced Microwave Scanning Radiometer)의 사용으로 얻어지는 몇 가지 자료의 형태를 제안하고 있다. AMSR의 18.6 18.8GHz대역은 기후연구 뿐 아니라 기상예보 향상을 위해 강우와 강설량(snow depth), 해빙(sea ice)확장을 측정에 필요하다. AMSR과 유사한 우주관측센서(수동)은 NASA /EOS-PM1에 장착될 것이며 NASDA의 미래 지구관측위성에 설치할 계획이다. 현재의 ADEOS-II과 EOS-PM1는 2000년에 발사될 계획이다. 위의 사항을 고려할 때 본 자료는 정보제공 자료로서 공유연구를 위해 두 개의 FSS 위성과 ADEOS-II 위성에 장착된 AMSR의 경우에 대해 18.6 18.8 GHz 대역에 있어 FSS에서 EESS(수동)으로의 간섭레벨의 계산결과를 나타낸다. 그러나 현재의 자료는 WP 4A의 일본에서 제안한 최소 pfd -90.4dBW/m2 /200 MHz)의 변화를 의미하는 것은 아닌 단지 참고적인 의미만을 가지고 있다. 참고로 이 의견에 대해 좀더 자세하게 살펴보기로 한다.

FSS로부터 수동센서로의 간섭은 주로 지구 표면에서 FSS 송신신호의 반사에 의한 것이다. FSS에서 EESS(수동)로의 간섭계산은 계산되어졌다. 그 결과로서 PDNR은 1997년 6월 회의에서 WP7C에 의해 적용되었다. 7C/Temp/132에서 수행된 계산은 다이나믹 모의 실험을 사용하지만 여기에서 간섭레벨은 간단한 방법으로 계산되었다. 위성 탑제체 수동센서 변수에 대해 18.6 18.8GHz대역에 대한 AMSR/ADEOS-II의 센서변수들은 표 3-18과 같이 나타낼 수 있다.

표 3-18 18.6 18.8GHz대역에서의 위성체 수동센서 변수(AMSR/ADEOS-II)

궤도 고도(Orbital Altitude)	803 km
궤도 경사각(Orbital Inclination)	98.6o
중심 주파수(Center Frequency)	18.7 GHz
밴드폭(Bandwidth)	200 MHz
빔 폭(Beam Width)	0.65o
Integration 시간	
입사각(Incident angle)	55o
편파	V/H(선형)
센서 스캔(Swath) 폭	1600 km
Dynamic 영역	2.7 340 K
NE△T(1σ)	0.7 K
관측항목	해양위에서의 강우 강설 depth 해빙 확장

이 Document에서는 두 개의 FSS 정지위성은 같은 pfd를 가지고 같은 위치에서 운용되고 있다고 가정하고 있다. 서비스 영역으로부터 FSS위성까지의 앙각은 45o, 방위각은 약 180o로 가정한다. 몇 개의 FSS 위성들을 제외하고는 이 가정은 7C/Temp/132에서 사용된 조건과 크게 다르지 않다. FSS의 서비스영역에서의 pfd 전계(contour) 지도는 표 3-19에 나타낸 것과 같이 7C/Temp /132에 주어진 것과 같다. 표 3-19의 커버리지율은 spot 빔의 전체 서비스 영역에 대한 각 pfd 등고선으로 둘러싸인 영역의 비를 나타낸다.

FSS 위성에서 송신된 신호는 지구표면에서 반사되며 반사된 이 신호들은 간섭으로서 수동센서에 수신된다. 위성 탑제체 센서에서 수신된 power를 계산하기 위해 7C/Temp/132에 주어진 식 (1)이 이 자료에서도 사용되었다.

bi-static 산란계수 σo에 대해 7C/Temp/132에 주어진 σo은 이자료에서 육상에서 사용되어진다. 7C/Temp/132에서의 σo은 변환된 후산란 계수 자료(시간의 10%)로부터 유도된다. 유도계수 자료는 가정한 bi-static 산란계수에

대해 Skylab 실험에 의해 산출된다. bi-static 산란계수는 반사 방향에 대해 원형적인 대칭을 가정한다. 해상 위에서는 실험적 이론적 결과는 입사각이 30o 이상에서 후산란 계수들이 -10 dB보다 적다. 예로서 이론적인 계산은 바다 위에서의 후산란 계수들이 바다 상태 3의 경우 30o 의 입사각에서 약 -12 dB이다. 그러므로 bi-static 산란계수는 반사방향으로부터의 방향각이 60o 이상의 경우에 -10 dB 보다 작게 생각된다. 앞서 유럽 및 미국의 경우와 마찬가지로 bistatic 산란계수를 이용한 pdf 방정식은 다음과 같다.

$$Pr = N^* pfd^*(\lambda 2^* \pi/(64\cos(\theta))) ^*\sigma o^* LA1^* LA2^*Lp$$

여기서 N = FSS 위성수 (=2), pfd는 한 개의 FSS 위성으로부터 power flux density, λ = 파 길이 (0.016m), θ = 수동센서의 입사각(= 55o), σo = 산란계수 , LAi = FSS 로 부터 지표면까지 대기 손실(-0.2 dB), LA2 = 표면에서 센서까지 대기손실(-0.2dB) Lp = 편파 손실(-3dB)를 나타내고 있다.

표 3-19 pfd대 정지위성궤도의 FSS spot 빔에 대한 Off-axis각

pfd(dBW/m2/200MHz)	Off-axis 각 Φ	커버리지율
pfd 최대	$\Phi \leq 0.1o$	3.8 %
pfd 최대 -1 dB	$0.1o \leq \Phi \leq 0.23o$	20.1 %
pfd 최대 -2 dB	$0.23o \leq \Phi \leq 0.325o$	40.1 %
pfd 최대 -3 dB	$0.325o \leq \Phi \leq 0.398o$	60.2 %
pfd 최대 -4 dB	$0.398o \leq \Phi \leq 0.459o$	80.1 %
pfd 최대 -5 dB	$0.459o \leq \Phi \leq 0.513o$	100 %

FSS 빔의 반사 방향과 AMSR 방향과의 각 ϕ은 $\cos(\phi) = \cos(90-EL+\theta)\times\cos(\beta)$로 여기서 EL은 FSS 위성(=45o)방향으로 FSS 서비스영역의 앙각이다. θ는 AMSR(=55o)의 입사각이다. β는 수동센서 방향과 FSS 빔 센터와 그 자체의 반사각이 포함된 면과의 각이다. 비록 ϕ가 β에 의존하지만 β가 위의 경우에 대해 그렇게 크지(몇 도 이내) 않게 변하기 때문에 100o로 고정한다. 그러면 여기서 σo은 7C/Temp/132의 그림 1에 보여진 것처럼 약 -5dB이다. σo = -5, AMSR(Pr)에서 수신된 출력은 Pr = pfd - 52이 된다. 표 3-20은 변화되는 pfd 값에 대한 Pr의 계산 결과를 보여 준다. 표 표 3-20에서 T는 Pr과 같은 잡음온도이다.

-15dBW/200MHz(=-155dBW/100MHz)은 ITU-R SA 1029-1의 간섭 임계

레벨로 주어지며 표 3-20은 -100dBW/m2/200MHz의 pfd가 이 임계레벨에 대응됨을 보여주고 있다. 이 값은 1 dB 차이정도의 7C/Temp/132에 주진 -101 dBW/m2/200MHz)것과는 다르다. 이런 차이는 같은 서비스영역에서 (2대 4) FSS 빔의 수의 차이와 입사각 (55o 대 45o)의 차이, 분석방법의 차이로 고려된다. 그러나 그 결과는 7C/Temp/132에 주어진 과 다르지 않다고 말할 수 있다. AMSR의 18.7GHz 대역 관측요구사항은 표 3-21에 정리되어 있다. 관측된 온도의 요구된 정확도는 표 3-21에 나타난 1 K이다. 왜냐하면 AMSR의 시스템 잡음온도는 0.7 K이고 0.3 K 이상 간섭에 의해 증가된 시스템 잡음은 받아들일 수 있다. 그러므로 보호기준의 관점으로부터 -100dBW/m2/200MHz보다 -99dBW/m2/200MHz pfd 값이 AMSR과 같은 수동센서에 적합할 수 있다.

표 3-20 AMSR에서 수신하는 출력

pfd(dBW/m2/200MHz)	Pr(dBW/200MHz)	T(K)
-90	-142	2.29
-91	-143	1.82
-92	-144	1.45
-93	-145	1.15
-94	-146	0.91
-95	-147	0.72
-96	-148	0.58
-97	-149	0.46
-98	-150	0.36
-99	-151	0.29
-100	-152	0.23
-101	-153	0.18

FSS 위성의 앙각이 보통 80o 이상이거나 φ가 60o 이상이기 때문에 바다에서의 σo는 -10dB보다 작을 수 있다. 바다 위에서 비 관측에 대해 AMSR에 수신된 간섭레벨은 표 5에 주어진 것보다 낮은 5dB로 예측되었다. 그러므로 -94 dBW/m2/200MHz의 pfd 제한은 바다 위의 비 관측의 경우에 대해 수동센서의 보호 기준으로서 적합하다.

표 3-21 AMSR의 18.7 GHz 대역의 관측요건

	비		눈		해빙 확장	
	물리적 값	관측온도	물리적 값	관측온도	물리적 값	관측온도
정확도	0.25 mm/h	1K	2cm	1K	5%(밀도)	3K
관측율	0-10mm/h	200-240K	0-50cm	220-245K	0-100%	220-260K

따라서 18.6 18.8GHz 대역에서 FSS로부터 위성 탑제체 수동센서로의 간섭레벨이 가정된 AMSR과 두 정지궤도 FSS 위성에 대해 계산 결과 AMSR형 수동센서의 성능보호에 요구되는 pfd 제한은 ITU-R SA 1029-1에 주어진 간섭임계에 따라 -100 dBW/m2/200MHz이며 AMSR의 관측요구사항에 따라 -99 dBW/m2/200MHz으로 제한한다. -99 dBW/m2/200MHz의 값은 FSS로부터의 간섭에 대해 AMSR의 보호레벨로서 생각할 수 있다. 그러나 이 자료에서 주어진 연구결과는 단지 FSS와 수동센서사이의 보다 나은 공유연구를 위해 제공되는 정보이다. 원칙적으로 도시지역은 수동센서에 있어 관측목표영역이 아니다. 그래서 도시영역이 표 2에 $\Phi < 0.1^o$의 범위을 커버하면 pfd 제한은 1dB로 완화될 수 있다. 그러한 고려사항은 공유연구에 제공되어져야 한다. 일본은 WP4A에서 FSS에 대해 최소 pfd로서 -90.4 dBW/m2/200MHz을 나타냈다. FSS와 수동센서간의 공유조건을 만들기 위해 연구가 보다 필요하다.

제 5 절 한국 및 CPM 결과 분석

ITU-R은 CPM에 앞서 18.6 18.8GHz대역의 수동할당에 대해 1999년 4월 WP4A의 회의에서 WP7C에서 준비한 자료를 일차적으로 재 고찰하였다. 의제 1.17은 전세계적으로 18.6 18.8GHz 대역에 대해 지구 탐사위성(수동) 및 우주연구(수동) 업무에 할당할 가능성에 대해 논의하였고 이들 결과들은 현재 WP4A와 WP7C에서 함께 고려되고 있다. 1998년 7월에 연합회의를 통해 FSS에서 받아드려지는 pfd(power flux density)와 EESS(수동)에 요구하는 pfd의 차를 줄이기 위한 결과를 산출하였지만 여전히 많은 문제가 산적해 있다. 따라서 각국의 이해관계가 얽혀 있는 관계로 제안내용이 많이 제출되고 있지만 여기서는 우리 나라의 의견 및 CPM 결과를 제시하기로 한다.

1. CPM 동향을 통한 한국의 의제 결과

WRC-2000을 위한 우리 나라의 준비사항으로는 현재 1지역인 유럽동향과 2지역인 미국의 동향이 정반대이고 이들 두 지역간의 원만한 해결의 실마리가 제시될 때까지는 계속적인 연구가 필요한 것으로 판단하였다. 따라서 3지역의 경우 이 대역에 대한 AGP2000-1에서 최근에 열린 AGP2000-4의 결과로는 일단 1 지역과 동일하게 FS 및 FSS 중심업무를 지향하고 있다. 이러한 관점에서 현재까지 WP7C에서 CPM에 잠정 제안한 pfd 값은 -95dB(W/m2/200MHz)이다. 이 값이 현재 및 잠재 FSS 사용자들에게 충격적인 값인가를 재검증하고 있다.

먼저 시스템 영역에서의 영향은 Document 4A/138에 나타나 있으며 1997년 10월 14일까지 18.6 18.8GHz 대역을 사용하고 있는 위성의 수는 180개이며 총 2,784 송신빔과 17,033 방출을 만들어 낸다. 이 자료에 의하면 이들 중 4,249 방출로 만들어지는 779개의 연관된 빔을 가지는 46개 위성을 조정해 달라는 것이다. 계산된 지구 표면에 입사되는 pfd 는 최소 159.82 dB(W/m2/MHz)에서 최대 -98.12 dB(W/m2/MHz)의 영역이다. 현재 규정 제한을 초과하는 방출은 619(약 15%)개 이다. 만약 이 제한이 -118.55 dB(W/m2/MHz)로 낮게 제한된다면 3325 방출(76%)은 924개를 제외하고는 임계값을 초과할 것이다. 이 결과는 새롭게 시스템을 다시 설계해야 하는 결과를 초래하며 언급된 빔의 용량 및 성능 잃어버리게 될 것이다.

최소사용의 안테나크기에도 영향이 있다. 18.6 18.8GHz 대역에서 운용되도록 설계된 위성시스템에 기인된 pfd는 매우 넓은 영역이상으로 퍼져 있고, 대부분의 경우 초과하고 있다. 최소 안테나 직경과 요구된 pfd 제한(Doc 4A/51)과의 관계는 영국에서 언급하였다. 신호대 잡음비(C/N)은 4dB보다 낮거나 18dB(high definition FM/TV)보다 높을 수 있으며 유용한 요구와 기후지역에 의존되어 5dB 에서 20 dB까지 영역은 감쇠 이득이 될 수 있다. 분명히 pfd 제한은 작은 접시 크기의 안테나 FSS 네트워크를 위한 경제성에 심각한 영향을 줄 것이다. 따라서 만약 제안된 -95dBW/m2/200MHz 대신에 -88된다면 안테나 크기가 1.25 m에서 60 cm로 최소화 할 수 있을 것이다. 분명히 비용절감이 되며 이것은 시스템 설계에 있어 매우 중요한 사항이기도 하다. 현재의 시스템에 대한 문제로는 18.6 18.8GHz대역에서 계획된 캐리어를 기반으로 한 Doc 4A/172에서 현 규정에 -88dBW/m2/200 MHz로 나타나 있음에도 -88dBW/m2/200MHz의 제한은 신호 보호에 적합함을 제시하

였다. WP4A의 Doc 4A/37은 개발된 설계라 하더라도 2003년에 발사될 것이며 최소 -90dB(W/m2/200MHz) 정도가 필요할 것으로 결론지었다. 그러나 제안된 -95dB(W/m2/ 200MHz)의 이 수동 과학 위성업무를 보호하는 동안 효율적으로 허용할 수 있도록 몇몇 상업 위성 운영자들은 현재 이 대역에서 70cm 안테나 사용 계획을 가지고 있기도 하다는 1 지역의 의견이었다. 물론 3지역 역시 이러한 용도로 사용하기를 바라는 입장이다.

ITU-R은 CPM Draft 결과로 다음과 같은 결과를 제시하였다. 첫 번째 기술적, 운용적 연구결과는 EES(지구탐사위성, 수동) 및 SR(우주연구,수동)에 할당된 18.6 18.8GHz 대역은 2지역의 경우 1차 업무로 1,3지역의 경우 2차 업무로 서비스되고 있으며 FS, MS, FSS(우주와 지구)에는 전세계적으로 1차 업무로 할당 되어있어 S 5.522와 S5.523는 수동센서의 간섭을 최소화하기 위해 가능한 FSS우주국의 pfd와 FS 의 출력을 제한하도록 요구하였다. 또한 동 대역은 육지 및 바다 표면의 환경 조건을 측정하는데 유일한 자원으로 중요하며 동시에 통신응용 분야로서의 FS 및 FSS도 중요한 대역으로 간주하고 있다. 그 결과 EESS(수동)과 GSO FSS간의 공유에 관한 결과 및 EESS(수동)과 FS간의 공유에 관한 분석결과를 각국에서 제출한 자료를 토대로 정리하였다. EESS(수동)과 GSO FSS간의 공유에 관한 CPM Draft의 결과로 GSO FSS의 pfd 값에 대한 커버리지 손실은 표 3-22와 같고 표 3-22에서와 같이 pfd 제한을 -95dBW/m2/200MHz 할 경우 EESS(수동)의 위성자료 경우 5% 이하의 손실이 예상되며 이 정도의 손실은 수동센서의 운용에 있어 만족할 만한 자료취득으로 인정할 수 있다고 미국의 의견을 수용 잠정 결론을 지었다. EESS(수동)과 FS 간의 공유에 관한 CPM Draft의 결과는 두 가지 해를 제한하였는데 하나는 동 대역에서 FS 안테나의 총 입력 전력을 0dBW로 제한하는 것 과 동 대역에서의 각 FS 채널 출력은 -3dBW로 제한하는 것이다. 이 두 해는 FS 지구국의 ITU-R. F 699-4에 주어진 기준 방사 패턴으로 적용할 수 있다. 결국 이러한 연구결과를 정리하면 WRC-2000의 ESS (수동) 및 SR(수동)업무간의 공유에 관한 사항으로 FSS에 대한 pfd 제한을 -95 dB (W/m2/200MHz)가 필요하다고 하였다. 또한 FS 지구국의 경우 두 가지 해를 만족하도록 제한하는 것이 두 업무를 동시에 만족시키는 방법으로 제안되었고 이 제안의 장단점으로 다음과 같은 결과를 초래할 수 있다고 보고하고 있다. 먼저 장점으로 EESS의 할당은 전세계 기상 및 지구환경 변화를 측정이 가능하며 동시에 FS 및 FSS 시스템의 단계적인 개발이 가능하지만 단점으로는 수동 센서의 운용 및 GSO FSS 및 FS의 특성이 제한되기 때문에

문제가 있다. 그러나 이 문제는 보상이 가능하기 때문에 고려할 대상으로 보지 않고 있다. 규정화 및 절차에 대한 고려로서 만약 전 세계적인 1차 업무로 EESS(수동)를 할당한다면 할당된 FSS 및 FS 서비스의 적당한 제한이 RR에 포함되어야 한다고 제안하고 있다.

표 3-22 다양한 GSO FSS pfd 값에 대한 커버리지 손실

p.f.d. dB(W/m2 - 200 MHz)	GSO FSS 서비스 영역에서의 데이터 손실			모든 land masses에서의 데이터 손실		
	4 위성들	8 위성들	16 위성들	4 위성들	8 위성들	16 위성들
- 101			2.4%			2.1%
- 100		0.3%	7.8%		0.3%	6.7%
- 98	0.3%	3.2%	32.1%	0.3%	2.8%	27.6%
- 97	0.8%	7.9%	43.3%	0.7%	6.8%	37.2%
- 96	2.0%	16.1%	50.1%	1.7%	13.8%	43.0%
- 95	**4.4%**	**26.5%**	**54.5%**	**3.7%**	**22.8%**	**46.9%**
- 94	8.6%	36.3%	58.3%	7.4%	31.2%	50.1%
- 93	14.9%	43.6%	61.6%	12.8%	37.5%	52.9%
- 92	22.9%	48.7%	64.6%	19.7%	41.8%	55.6%
- 91	31.5%	52.6%	67.5%	27.0%	45.2%	58.0%
- 90	38.9%	56.1%	70.3%	33.5%	48.2%	60.4%
- 88	49.4%	62.2%	75.9%	42.5%	53.5%	65.3%
- 86	56.7%	68.1%	82.7%	48.8%	58.5%	71.1%
- 84	63.1%	74.3%	92.2%	54.2%	63.9%	79.3%
- 82	69.4%	82.8%	98.0%	59.7%	71.2%	84.2%

우리나라는 18.6-18.8 GHz의 주파수 대역에서 1차업무로는 고정(FS) 및 고정위성업무(FSS)를, 2차 업무로는 지구탐사위성(수동, EESS) 및 우주연구(수동)업무를 지정하고 있다. 또한 이 대역의 공유 가능성을 검토하고, 기존 업무에 제약을 가하지 않을 수 있는 조건을 조사해야 할 것으로 계획하였다. 또한 FS 및 FSS에서의 주파수 이용은 Koreasat의 경우12 14GHz 대역을 사용하고 있으며, 데이콤은 7 8GHz 대역을 사용할 예정이다. EESS에서의 주파수 이용은 항우연의 다목적실용위성은 7 8GHz 대역을 사용할 예정이

며, 한국과학기술원 인공위성연구소에서 운용중인 우리별 위성은 TT&C는 UHF/VHF 대역을, 탑재체 Down Link는 X 밴드를 사용하고 있다. FS 및 FSS에서는 기존의 위성과 함께 분배 예정인 Infosat은 Ka 밴드를, Eastsat은 L, C, X, Ku, Ka 밴드를, Globalsat은 X, Ka 밴드를 할당받아 사용할 계획이다.EESS 및 우주연구분야는 항공우주연구소의 다목적실용위성은 현재 18.6 18.8GHz의 주파수 대역에 대한 이용계획이 수립된 바 없으며, 한국과학기술원 인공위성연구소의 과학위성은 TT&C는 UHF/VHF 대역을, 탑재체 Down Link는 X 밴드를 사용할 계획이며 18.6 18.8GHz 주파수대역에 대한 이용계획이 수립된 바 없다. 따라서 우리 나라는 동 대역에 대한 주파수 이용을 현재와 같이 고정 및 고정위성업무는 1차 업무로, 지구탐사 및 우주연구는 2차 업무로 유지하는 것이 바람직하다. WRC-97에서 우리 나라는 RR에 규정된 pdf값에 따라 운용되는 spaceborn 센서와 고정 위성망이 일치되지 않는 18.6 18.8GHz의 주파수대역은 변경하지 않을 것을 APT 공동으로 제안하였으나 현재 상황으로 보아 pdf값에 대한 최종연구, 검토결과가 WRC-2000 Draft로 채택될지는 불투명한 상황이다. 따라서 우리나라는 18.6 18.8GHz 대역에 대하여 기본적으로는 WRC-97과 동일한 제안(NOC)을 한다.

2. CPM 의제 결과

18.6 18.8GHz대역은 그 지역에서 1차 업무로 EES(수동)와 SR(수동) 업무로 할당되고, 지역1과 3에서 2차 업무로 EES(수동)와 SR(수동)업무로 할당되었다. FS, MS 와 FSS(우주대 지구로)는 1차 업무로 세계공동으로 할당되어있다. 각주 S5.522와 S5.523은 고정업무의 송신전력 제한과 FSS우주국의 pfd를 제한하여, 수동센서의 간섭위험을 줄일 수 있도록 당국자에게 요구하고 있다. 몇 개 다른 주파수 대역에서 (비와 대양의 바람속도와 같이) 지상 표면현상의 값은 동시에 측정토록 요청되고있다. 18.6과 18.8GHz대역에서 육상과 대양표면에 대한 환경조건 측정으로 특수한 특성은 밝힐 수 있기 때문에 그 중요성이 증가되고 있다. 18.6과 18.8 GHz대역은 통신업무에서 FSS와 FS에 필수적인 주파수 대역이다. FS업무로는 이동 통신 기반 망으로 이용중이며, 공중통신망의 중계망(Medium hop link)으로 이용하고 있다. 연구방법으로 다음 ITU-R SA.515-3, SA.1028-1, SA.1029-1과 F.761 권고를 기초

로 여러 당국자에 의해 수행되고 있다. 앞의 연구는 RR에서 pfd 제한에서 동작하는 수동 위성체 센서와 GSO FSS 망의 호환성이 없다는 결론에 도달되었다. ITU-R의 연구는 18.6 18.8GHz대역/200MHz FSS pfd 제한 112dBW/m2에서 수동센서를 충족하기 위한 필요조건을 검토하고있으며, 수동센서의 설계상에 어떤 제약이 없이 100MHz기준대역폭에서 155dBW간섭에서 동작할 수 있어야 한다. 그러나, 이에 대한 연구는 200MHz기준대역폭에서 101dBW/m2 pfd 제한 상에서 반사되는 GSO FSS신호의 방향과 센서안테나의 각도가 가장 크기 위해 센서가 적도로부터 멀리 떨어질 때 수동센서 자료는 얻어질 수 있다. 또한 GSO FSS pfd limits를 200MHz기준대역폭에서 82dBW/m2로 변경에 따른 수동센서의 데이터 손실 때를 시험하였다. 이 연구에서 GOS FSS배치를 GSO FSS 동작지역 당 4,8과 16GSO FSS위성으로 변경함에 따라서 수동센서 데이타 손실률을 시험하였다. 이 결과는 앞의 표 3-22에 나타나 있다. 전세계의 육상매체는 GSO FSS시스템의 동일한 분포상황에서 서비스되는 것을 가정한 값이다. 이것은 주어진 범위에서 서비스하는 위성이 4개 또는 그 보다 적은 것은 세계에서 많은 지역에 분포되어있고, 반면 8개에서 16GSO FSS위성은 통신요구가 만족되는 것은 세계에서 아주 적은 지역이다. 이러한 불균한 분포를 고려하여, 세계에서 주어진 서비스 지역 내에 평균4개 위성시스템은 가장 타당한 가정으로 고려되고 있다. 부가적으로, EESS(수동)에 의한 데이터 손실을 제안하기 위해, 수동센서는 궤도의50%내에서 데이터를 처리할 수 있도록 제한되는 것으로 한다.(임의 지점을 운행하는 동안) 이러한 가정 하에서 18.6 18.8GHz에서 FSS pfd 제한-95 dBW/m2/200MHz는 표4-3)(1번째와 4번째 컬럼) 에서 와 같이 5%이내에 데이터 손실을 유지한다. 이러한 데이터 손실 값은 전세계에 육상 매체 환경에 대하여 유용한 데이터를 얻을 수 있도록 수동센서 동작이 가능한 범위이다. pfd limit 는 ITU-R SA. 1029-1권고에 포함한 것처럼 수동센서 보호범위에서 17dB 잡음치(관련치)를 나타낸다. 대양지역상에서 배타적인 데이터를 얻는 수동센서는 표3-22에서 나타난 값보다 데이터 손실이 적을 것을 나타나며, 그리고 대양 상에 궤도의 100%까지 데이터를 획득할 수 있다. 그러므로, 이러한 pfd 제한이라는 더 높은 정도까지 대양상에서 수동센싱 응용을 보호할 수 있다. 간섭의 비연속적인 성질과, scanning Spot beams을 이용하는 GSO FSS 시스템에서 더 높은 pfd limit가 가능성이 있을 수 있으나, 이 분

야는 좀더 연구가 요구된다. ITU-R내에서 연구는 12시간 고도 타원 궤도 (HEO : highly elliptical orbit) FSS시스템에 적용되는 pfd 제한-95dBW/m2, 18.6 18.8GHz도 EESS(수동) 시스템을 보호하여 하는 것으로 제시되고 있다. LEO 시스템은 GSO나 HEO 시스템보다 센서에 심각한 큰 간섭원인이 된다는 것이 연구되어졌다. 그러나, 이 대역에서 센서동작을 보호하기 위한 적당한 LEO 시스템의 pfd 제한을 결정하지 못하였다. 그러나 spaceborne 수동센서의 동작을 보호 할 수 있도록 LEO FSS 시스템의 pfd 제한값을 결정하고, 18.6 18.8GHz대역에 시스템이 소개되기 전에 LEO FSS시스템의 동작이 잘 할 수 있도록 pfd 제한치를 규정하여야 한다.

18.6 18.8GHz대역에서 95dBW/m2 제한은 미래 GSO FSS개발에 제약이 발생하며, 기존의 제한치 보다 13dB강화되고 있다. 이 대역에서 위성체 증폭기는 4/6GHz와 11/14GHz대역(21dBW)에서 증폭기와 호환성이 있고 전력레벨을 갖추어야 한다. 예를 들면 50dBi이득 spot 빔은 적어도 3dB -92.2dBW/m2까지 제한치를 초과한다. 주 출력과 버스 크기는 GSO 위성체에 나타나는 빔의 수를 제한한다. 그러나, 이러한 빔은 EESS(수동)상에 최소 영향이 되고, 이러한 빔은 지구상에서 대단히 작은 footprint이 되고, 최소 개수가 된다. 결과적으로, pfd 제한의 효과적인 억제는 제한된 지리학적인 지역에서 에너지를 집중하기 위한 장래 GSO시스템의 능력을 거부하게 된다. 앞으로 FSS활성화를 위한 해결책은 18.6 18.8GHz에서 92dBW/m2 제한치 제정이 되어야 하며, GSO FSS의 성장이 가능케 한다. 표3-23은 다양한 시스템 간섭 온도 특성과 pfd 제한치에 대한 맑은 하늘 C/I 목표값 11dB 17dB에서 시스템에서 사용 가능한 최소 지구국 안테나 크기를 나타내고 있다. 현재 RR pfd 제한은 82dBW/m2/200MHz이며, 18.6 18.8GHz대역에서 95dBW/m2 제한치는 오늘날 급격히 증가 요청이 있는 작은 접시 지구국 터미날로 업무를 시작하는 FSS사업자의 능력을 실질적인 제약원인이 되고 있다.

표 3-23 인접 위성 간섭 없는 최소 지구국 안테나 크기(미터 단위)

Clear sky C/N		11dB			17dB		
pfd(dB(W/m2)per200MHz)		- 88	- 92	- 95	- 88	- 92	- 95
시스템 잡음온도	300K	0.13	0.21	0.30	0.27	0.42	0.59
	600K	0.19	0.30	0.42	0.38	0.59	0.84
	1000K	0.24	0.38	0.54	0.48	0.77	1.08

위성 우주 공간과 간섭 환경이 역시 고려되어야 한다. 분석한 결과는 3-24에 나타났다. 요구되고 있는 지구국 안테나 크기는 같은 편각을 이용하고 있는 동일 운영 지역 위성으로 그도 궤도 우주 공간에서 GSO위성에 대하여 인정 할 수 있는 공유 조건을 보장하는 선에서 규정되었다. ITU-R S.1328 권고의 Annex 2경우와 같이 수신기 잡음 온도는 통상적으로 600K된 상태에서 가정하였다. 가장 나쁜 상황에서 동일한 편각을 이용하고 있는 동일 운영 영역의 위성의 그도 궤도 우주 공간에서 원하는 위성 양측면에서 동일한 위성으로 가정하였다. 임의 원하는 C/(N+I)레벨에 대하여, 사용자 터미널은 원하는 신호품질을 보장하기 위하여 인접위성의 필요한 차단 값을 제공하기 위하여 평가되어야 된다. ITU-R S.465-5와 S.580-5 권고는 지상단말 안테나의 이득 분포를 모델링하는데 이용된다. pfd를 95,92,88dBW/m2/200MHz로 분석하였다. FS로부터 간섭은 이번 분석에서 고려되지 않았다.

표 3-24 인접위성간섭(20 궤도공간)에서 최소 지구국 안테나 크기(meter)

C/(N+I)		11dB			17dB		
pfd(dB(W/m2) / 200MHz)		88	92	95	88	92	95
시스템잡음온도	300 K	0.63	0.63	0.63	1.81	1.92	2.09
	600 K	0.63	0.64	0.63	1.89	2.09	2.40
	1,000 K	0.64	0.66	0.64	1.98	2.30	2.75

ITU-R S.1328(Rev.)은 주파수 공유를 고려하여 전형적인 위성 특성을 도표로 서술되어 있다. 66cm단말기 안테나 크기나, 101에서 82dBW/m2/

200MHz의 pfd 제한치에서 멀티기가비트 서비스를 제공하는 것을 고려하여 서술하였다. 예를 들면, 101dBW/m2/200MHz pfd 제한치 와 66cm단말기 안테나크기에서 92Mbps 전송이 가능함을 나타내고 있으며, 강우량을 2.5dB 여유 치를 포함하여 98 dBW/m2/ 200MHz 전력밀도 제한치 와 66cm단말기 안테나크기에서 120Mbps 전송이 가능함을 나타내고 있다. 그러므로 98dBW/m2/200MHz 전력밀도 제한치 와 66cm단말기 안테나크기에서 120Mbps 전송을 위하여 동일 시스템간에 간섭 18dB, 다른 시스템간에 간섭 22dB를 고려하여 강우감쇠 5.5dB를 고정 치로 가정하였다. 또한 13dB에서 88dBW/m2/200MHz 까지 전력밀도 치를 증가하면서 목표 전송도에 영향이 없는 점과 2도 궤도간격에 동일한 GSO FSS시스템의 경우 목표 안테나 크기에서 알맞은 공유조건을 보장하기 위한 것이다.

제 4 장 결 론

한국천문연구원 산하의 대덕전파천문대는 14미터 전파망원경과 85-175GHz 대역 우주전파수신기 보유하고 있으며 관측자료를 국내외에 공개, 매년 10월부터 이듬해 5월까지 공동이용 관측을 실시한다. 고감도의 초전도 SIS믹서를 사용, 85 116GHz 대역과 124 175GHz 대역을 동시에 수신하는 이중채널수신기를 사용있다. 서울대 전파천문대의 경우 2000년 가을부터 전파천문업무를 수행할 계획이며 6미터 전파망원경 보유하고 있다. 초전도 SIS믹서를 사용하여 85 116GHz 대역과 124 175GHz 대역, 그리고 220 270GHz 대역까지 관측할 예정이다. 또한 지구환경의 보호와 감시를 위한 오존층의 파괴와 생성원리 파악하고 지구환경 계측감시를 위한 성층권 오존과 대기 미량 가스들의 측정하기 위해 94.1 175GHz 대역 활용중이며 200 280GHz 대역까지 확장 예정이다. 따라서 85 175GHz 대역에서 현재 실시되고 있는 전파천문업무, 오존관측업무에 대한 적절한 보호조치가 시급하며, 가까운 시일 내에 실시될 200 275GHz 대역의 전파천문업무 보호에 대한 대책마련이 시급하다. 이들 대역에 대한 주파수 재분배표를 미국과 유럽의 WRC-2000 제안서를 근거로, 우리 나라 이익을 고려한 제안서를 71 275GHz 대역에 대해 작성하는 것이 바람직하다.

현재 전파천문대가 사용하고 있는 관측 주파수대는 85 115GHz (대역폭 1 2GHz), 125 175GHz(대역폭 1 2GHz)이며 2005년까지 85 115GHz (대역폭 1 2GHz). 125 175GHz(대역폭 1 2GHz), 220 270GHz(대역폭 1 2GHz) 사용할 전망이다. 따라서 이 주파수 대역을 향후 상용 주파수가 사용하게 된다면 지구환경감시와 순수학문 연구용 주파수 이용에 막대한 지장이 초래된다. 아울러 각주 S5.149를 대폭 수정하여 전파천문업무를 보호할 수 있는 대역을 추가할 것을 제안하고 있다. 따라서 이번 WRC2000을 위해 APG2000 등 적극적인 활동을 추진하였고 그 결과 각주 S5.149를 대폭 수정하여 전파천문업무를 보호할 수 있는 대역을 추가할 것을 제안하였고 우리가 원하는 주파수 대역을 할당받을 수 있을 것으로 기대된다.

의제 1.17의 경우 현재 운용중인 FS와 FSS의 보호가 한국의 경우 필요하

며, 이 대역의 공유를 위해서는 더 많은 연구가 요구되며, 현재의 입장은 기존의 분배를 변경하지 않는 것으로 제안하였고 아태 지역의 공동의견으로는 미국과 캐나다 등에서는 적극적으로 재검토를 지지하고 있으나 APT의 입장은 기존의 분배를 변경하지 않는 것으로 연구결과 지구탐사위성업무(수동)와 우주연구업무(수동)에 지장을 주지 않음을 확신할 수 있는 경우에 한하여 재검토가 가능할 것으로 제안하였다. 표 4-1과 표 4-2는 18,6 18,8GHz 대역의 주파수 분배에 자료는 각국의 현황을 종합적으로 분석한 것이다.

우리나라는 18.6-18.8GHz 대역에 대하여 기본적으로는 WRC-97과 동일한 제안(NOC)을 한다, 의제 1.17에 관해서는 각국에서 제시되고 있는 모의실험 결과가 모든 나라의 업무를 충족시키지 못하는 관계로 계속적인 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 의제 1.16의 경우 우리 나라와 ITU-R의 연구결과를 비교, 조사하여 문제점을 현행화하고 우리 나라 전파 천문연구 업무를 원활히 수행할 수 있도록 국제적인 연구결과를 도출해 내어야 할 것이다.

표 4-1 한국의 18.6 18.8GHz 대역 분배 및 이용현황

한국	분배현황	고정, 고정위성 지구탐사위성(수동) 이동(항공이동제외) 우주연구(수동)
	이용현황	실험국용, 10 20MHz 폭 전송 M/W, 5 MHz폭 이하 전송 M/W
	이용계획	
	비고	주관청은 우주로부터 지구방향의 고정위성업무의 국에 주파수 할당은 지구탐사 위성업무와 우주연구업무의 수동검지기에 대한 혼신 가능성을 감소시키기 위하여 18.6 18.8GHz 대에서 지표면의 pfd를 실행 가능한 제한하는 것이 요청된다. 18.58 18.75GHz대는 점유주파수대폭 10 20MHz의 전기통신역무 및 자가통신용으로 사용한다. 18.76 18.82GHz 때는 5MHz이하의 초소용 차량의 자가통신업무용

표 4-2 ITU-R 및 여러나라의 18.6 18.8GHz 대역 분배 및 이용현황

ITU	지역별		제 1지역	제 2지역	제 3지역
	분배현황		고정, 고정위성 이동(항공이동제외) 지구탐사위성(수동) 우주연구(수동)	지구탐사위성(수동) 고정, 고정위성 이동(항공이동제외) 우주연구(수동)	고정, 고정위성 지구탐사위성(수동) 이동(항공이동제외) 우주연구(수동)
유럽(EC)	분배계획		고정, 고정위성, 지구탐사위성(수동)		
	이용계획 비 고		고정링크(ITU-R F595) 지구탐사위성과 관련해서는 WRC95/WRC97의 협의에 따름		
미국	민간	분배현황	지구탐사위성(수동) 고정,고정위성 이동(항공이동제외) 우주연구(수동)		
		이용현황			
		이용계획			
		비고	FCC : 유선 TV 중계, 국내 공공 고정용 사설운용 고정 마이크로웨이브		
	국가	분배현황	지구탐사위성(수동), 우주연구(수동)		
		이용현황			
		이용계획			
		비고			
영국	분배현황		고정(1), 고정위성(2)		
	이용현황		비정부용, PTO		
	이용계획				
	비고				
일본	분배현황		고정,고정위성 지구탐사위성(수동) 이동(항공이동제외) 우주연구(수동)		
	이용현황				
	이용계획				
	비고		고정서비스와 이동서비스의 국(statio)을 할당할 때 18.6 18.8 GHz 대역내에서 서비스되는 우주연구와 지구탐사위성내의 수동센서를 고려하기 위해서 정부관리를 입회해야 한다. 이 대역에서 수동센서에 미치는 간섭을 최소화하기 위해 정부담당자는 송신기에 의해 안테나에 공급되는 전력과 등가 아이소프트로픽 방사전력을 가능한 한 제한하도록 해야 한다.		

참 고 문 헌

[1] APG2000 Korea report

[2] http://www.rrl.go.kr/~wrc

[3] ITU-R document 7D/102-E

[4] ITU-R document CPM99-2/60-E

[5] ITU-R document 7C/127-E

[6] ITU-R document 7C/129-E

[7] ITU-R document 7C/28-E

[8] ITU-R document 7C/29-E

[9] ITU-R document 7C/21-E

[10] ITU-R document 7C/180-E

[11] ITU-R document 7C/181-E

[12] ITU-R document CPM99-2/4-E

[13] ITU-R document 7C/101-E

[14] ITU-R document 7C/1171-E & document 7D/73-E

[15] ITU-R document 7C/163-E, " CPM submission"

[16] ITU-R document 7C/27-E

[17] ITU-R document 7C/194-E

[18] ITU-R document 7C/152-E