제 출 문

본 보고서를 「고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구(지상망과의 주파수 공유를 중심으로)」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 12. 31.

연구책임자 : 공업연구관 성향숙 (전파자원연구과)
연 구 원 : 공업연구사 박주홍 (전파자원연구과)
공업연구사 임상희 (전파자원연구과)
공업연구사 이일용 (전파자원연구과)
전송주사보 조성돈 (전파자원연구과)
전 송 주 사 양왕열 (전파자원연구과)

요 약 문

1. 과제명 : 고정업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구
(지상망과의 주파수 공유를 중심으로 ; 2차년도)

2. 연 구 기 간 : 2001. 1. 1. 12. 31

3. 연구책임자 : 공업연구관 성향숙

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
가. 우리나라의 지상망 보호	박주홍													
o 전파규칙과 관련 권고의 규정 및 절차 분석	이일용													
o HD-FSS 주파수 분배 및 HD-FS 운용 관련 국제동향 파악	임상희													
o HEO를 포함한 비정지위성 시스템과 우리나라 지상망간의 공유 관련 연구														
나. 우리나라 위성망 보호 방안 마련	성향숙													
o 이의제기 대상 추출방안 마련	조성돈													
o 편람 작성														
o $EPFD_{down}$ 연속곡선 연구														
o 각국 위성통신 관련 기술기준 검토														
다. 연구보고서 작성	박주홍 이일용													
분기별 수행진도(%)		30			50			70			100			

나. 세부 과제별 추진사항

1) 우리나라의 지상망 보호

o 전파규칙(RR)과 관련 권고를 통한 위성망간 및 지상망과의 간섭 분석 규정 및 절차 분석

o HD-FSS 주파수 분배 및 HD-FS 운용 관련 국제 동향파악 및 우리나라 영향 검토 (WRC-2000 결의 84 및 128)

- 전파규칙 S21의 PFD limits 검토/연구

o HEO를 포함한 비정지 위성시스템과 우리나라 지상망간의 공유(WRC-2000 결의 539)

- 규정 및 절차에 관한 연구
- PFD limits 등의 공유 기준 연구

2) 우리나라 위성망 보호방안 마련

o 이의제기 대상 위성망 추출방안 마련

- ITU 주간회보 구조 분석 및 간섭영향 분석을 위한 파라미터 고찰
- 간섭 영향 결정을 위한 요소 (사용 주파수, 궤도위치 등) 분석
- 이의 제기 대상 추출 TOOL 마련

o 편람 작성

o $EPFD_{down}$ 연속곡선에 관한 연구

o 각 국의 위성통신 관련 기술기준 검토

5. 연구 결과

1) 우리나라의 지상망 보호방안 연구

o 전파규칙(RR) 및 관련 권고 분석

- RR AP S7 및 ITU-R 권고 등의 제·개정 내용 분석

o HD-FSS 주파수분배 및 HD-FS 운용 관련 국제동향 파악 및 우리나라 영향 검토 (WRC-2000 결의 84 및 128)

- ITU-R WP4-9S의 HD-FSS 후보 주파수분배 대역 분석
- 공유 및 간섭연구를 위한 각 시스템의 파라미터 분석
- ITU-R 동향보고서 작성

o HEO를 포함한 비정지 위성시스템과 우리나라 지상망간의 공유 (WRC-2000 결의 539)
  - ITU-R WP4A 및 WP4-9S 회의 동향 분석
  - 관련 회의 결과에 따른 우리나라 대응방안 모색

2) 우리나라 위성망 보호방안 연구
o 이의제기 대상 위성망 추출방안 마련
  - ITU 주간회보 구조 분석을 통한 파라미터 고찰
  - 위성망 이의제기 대상 추출 TOOL 마련
o 편람 작성
  - 위성망 국제 등록 및 전파 간섭 분석 관련 업무편람 작성
o $EPFD_{down}$ 연속곡선에 관한 연구
  - EPFD 연속곡선 도출방법 비교·분석
o 각 국의 위성통신 관련 기술기준 검토
  - 미국 및 일본의 위성통신관련 관리체계 분석
  - 우리나라, 미국 및 일본의 기술기준 분석
  - 기술기준 개정(안) 작성

3) 국제 회의 기고문 제출
o ITU-R WP4A 회의 (3건)
  - 주파수 공유 연구를 위한 위성망 파라미터 제공
  - EPFD 연속곡선 유도 방법
  - WRC-2000 결의 540에 따른 공유조건 검토
o APG2003-2차 회의
  - WRC-2003 의제 1.19, 1.29 및 1.37 관련 기고문 제출

4) 대외 발표
o 「전파」지 논문 기고 (2001년 9/10월호)
  - 제목 : 국제 전기통신연합의 방송위성계획
o 한국통신학회 추계학술발표회 (2001. 11. 17)
  - 제목 : ITU-R의 HEO 동향 고찰

6. 기대효과

- o **한정된 전파자원 이용의 효율성 증대**
- o **혼신 분석 및 조정 기술 증대**
- o **국제 협력 활동 활성화로 국가 경쟁력 강화**

SUMMARY

Due to the development of satellite communications technologies, services using satellite systems are increased. For the efficient allocation and usage of limited satellite orbits and frequencies, interference analysis between satellite services and terrestrial services are very important.

In this study, in order to protect both satellite and terrestrial networks from unacceptable interferences among services sharing frequencies, we reviewed international technical and provisional regulations, focused on the results of associated meetings of radiocommunication sector of International Telecommunication Union. In case of High Density-Fixed Satellite Service(HD-FSS) study, we analyzed general characteristics of HD-FSS systems and candidate bands for frequency allocation. We also studied technical and provisional aspects of satellite systems with highly elliptical orbits (HEO) including a definition of HEO.

For the frequency sharing between satellite systems, we analyzed methodologies to derive equivalent power flux density for an arbitrary size of antenna of receiving earth stations of geostationary satellite systems. Based on the Radio Regulations revised at WRC-2000, satellite regulations in Korea has been reviewed to update.

Finally, we introduce interference analysis tools which we developed as well as tools available from ITU, as a primer for beginners in satellite communications field.

목 차

표 목 차

그 림 목 차

제 1 장 서 론

통신 서비스에 대한 수요 증가와 위성통신 기술의 발전 등으로 위성을 이용한 서비스가 점차 확대됨에 따라 한정된 위성궤도와 주파수로 인한 위성자원의 효율적인 분배, 확보 및 이용이 중요한 이슈로 부각되고 있다. 이에 ITU에서는 제한된 위성 자원을 효과적으로 이용하기 위한 위성 시스템 구축 방법과 새로이 부각되는 위성궤도에 대한 논의가 활발히 진행되고 있다. 하지만 이러한 시스템 구축과 궤도 이용을 고려함에 있어서 기존에 존재하는 시스템 즉, 지상망 혹은 위성망과의 간섭 영향 평가는 아주 중요한 문제로 대두되고 있고 각 국가들은 고정위성업무와 타 업무와의 주파수 공유에 관한 연구를 활발히 수행하고 있다.

본 연구는 다른 나라의 위성망으로부터 우리나라의 위성망과 지상망을 보호하기 위하여 이와 관련된 ITU의 연구 결과 및 각국의 위성 통신 관련 규정을 분석하여 대응방안을 마련하고, 위성전파 간섭분석 TOOL을 작성하여 보다 효율적인 위성전파 간섭분석을 도모하는 데 그 목적이 있다.

제2장에서는 우리나라 지상망 보호를 위하여 현재 ITU에서 논의되고 있는 HD-FSS와 HEO를 이용한 위성시스템에 대해서 분석하였다. HD-FSS와 관련하여 시스템의 일반적인 특성과 향후 WRC-2003에서 주파수 분배를 위해 현재 논의 중인 후보 대역들을 비교·분석하였고, HD-FSS 시스템과 HD-FS 시스템의 주파수 공유를 위해 시스템의 주요 파라미터와 구축 특성을 정리하였다. 또한 HEO를 이용하는 위성시스템의 도입 및 타 시스템과의 공유에 관한 ITU-R의 연구 및 각국의 입장을 고찰함으로써 향후 우리나라 위성망 및 지상망에 대한 영향과 그에 대한 대응 방안을 제시하였다.

제3장에서는 우리나라의 위성망을 보호하기 위해서, ITU의 등가전력속밀도(EPFD) 제한값 및 연속곡선을 이용한 EPFD 유도방법들을 비교·분석하였고, 이와 함께 ITU의 전파규칙과 미국, 일본 및 우리나라의 위성통신 관련 법 제도 및 기술기준을 비교·분석하였다.

제4장에서는 위성통신시스템간 간섭분석을 위한 ITU의 S/W와 이를 응용하여 자체 개발한 TOOL의 이용방법과 함께 위성망 국제등록 및 관련 규정을 기술하여 업무편람으로 사용할 수 있게 하였다.

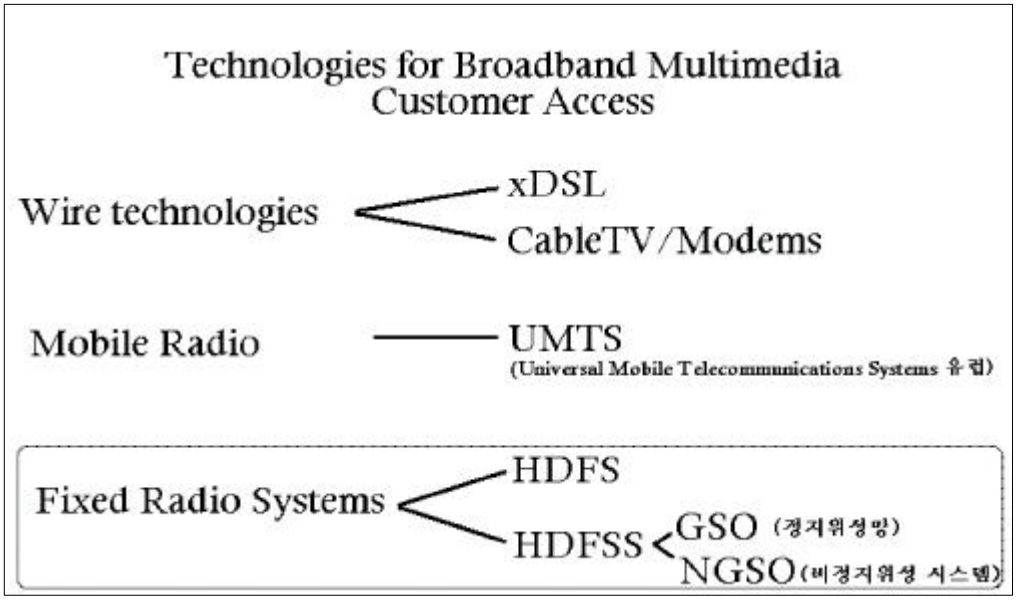
제5장에서는 본 연구의 결과를 정리하고 향후 연구 방향을 제시하면서 결론을 맺는다.

제 2 장 우리나라 지상망 보호방안 연구

제 1 절 HD-FSS 주파수 분배 및 HD-FS 운용 연구

1. 개요

전세계적으로 정보통신 서비스 수요의 폭발적인 증가와 다양한 멀티미디어 서비스의 요구를 충족시키기 위하여 통신망의 광대역화, 초고속화, 지능형화가 요구되고 있는 상황이다. 이러한 통신망의 형태는 광섬유를 이용한 광통신 중심의 유선통신망과 Ka 대역 이상 주파수 대역에서의 광대역 무선 통신망으로 크게 나누어 질 수 있다. 지금 현재 우리나라를 비롯한 여러 국가에서의 광대역 멀티미디어 서비스 접속은 주로 광통신망을 통해 이루어지고 있지만, 유럽 일부 국가와 미국, 캐나다, 브라질, 그리고 일본에서는 고비용이 드는 광통신망을 대체하기 위해 Ka 대역의 광대역 무선 지상 통신망(예: BWA, FWA, B-WLL)을 구축하거나 운용 중에 있다. BWA를 비롯한 광대역 무선 통신망은 지상에서의 고밀도 시스템 구축이 주요 특성인 관계



<그림 2.1.1> 광대역 멀티미디어 서비스

로 전세계적으로 HD-FS(High-Density applications in Fixed-Service) 시스템이라는 개념으로 묶고 있다.

HD-FS 같은 지상 고정 업무 시스템 이외에도 위성을 이용한 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 HD-FSS(High-Density applications in Fixed Satellite Service) 개념의 정지 위성망 또는 비정지 위성 시스템이 고려 중이며, 기존의 유선망이나 HD-FS 시스템 구축이 지형적으로 어려운 지역에서 HD-FSS가 유용하게 운용될 수 있을 것으로 보인다. 향후 이러한 HD-FSS 위성 통신 시스템 운용을 위한 주파수 분배 문제와 함께 지상고정 업무와의 주파수 공유를 위한 연구가 ITU-R을 통해서 한창 진행 중이다. 특히, ITU-R은 HD-FSS용으로 유력한 주파수 후보 대역인 37.5 42.5 GHz 대역에서 HD-FS 시스템이 운용·구축되고 있음을 들어 이들 업무간의 공유 문제에 관한 연구를 수행하고 있다. 이와 함께 HD-FSS용 후보 대역으로 거론되고 있는 일부 주파수 대역들은 향후 서비스 계획 중인 우리나라 지상망에 간섭영향을 줄 수 있으므로 이에 대한 연구도 필요할 것으로 보인다.

이에 따라 본 절에서는 먼저 HD-FSS 시스템의 일반적인 특성과 향후 WRC-2003에서 HD-FSS용 주파수 분배를 위해 현재 논의 중인 주파수 후보 대역별로 정리하였고, 아울러 HD-FSS 주파수 분배 계획에 따른 관련 지상 고정 업무와의 공유 문제를 다루기 위한 목적으로 현재 관심을 끌고 있는 HD-FS 시스템 운용과 공유간섭연구에 필요한 주요 시스템 파라미터에 대해 개략적으로 기술하였다.

2. HD-FSS 주파수 분배 계획

WRC-2003 의제 1.25는

▪ *To consider, with a view to global harmonization to the greatest extent possible, having due regard to not constraining the development of other services, and in particular of the fixed service and the broadcasting-satellite service, regulatory provisions and possible identification of spectrum for high-density systems in the fixed-satellite service above 17.3 GHz, focusing particularly on frequency bands above*

19.7 GHz ▪

▪17.3GHz 이상, 특히 19.7GHz 이상 주파수 대역에서 관심을 두어 타 업무(특히 고정업무와 방송업무)의 개발을 저해하지 않도록 하면서 HD-FSS에 이용할 수 있는 전세계적 공통 스펙트럼 지정 가능성과 규제 규정 검토▪에 관한 것이다.

2001년 10월 ITU-R WP4-9S 회의에서는 상기된 WRC-2003 의제 1.25에 관한 Preliminary Draft(PD) CPM Text(WRC를 위한 기술적 검토 보고서 초안)를 영국, 캐나다, 프랑스, 미국 등 여러 국가의 기고문을 참고로 하여 수정·보완하였다. 보완된 PD CPM Text는 HD-FSS 시스템의 포괄적인 특성 및 HD-FSS용으로 분배가 고려 중인 주파수 후보 대역들에 대한 CPM Text내의 기재 형식에 대해 서술하고 있다. 이와 더불어, WP 4-9S에서는 HD-FSS용 주파수 분배가 가능한 후보 대역에 대해서도 논의를 하였고, 프랑스, 영국, 미국, 캐나다 등의 관련 국가들과 WP 6S, WP 4A 등의 작업그룹들의 기고문들과 연락문들을 바탕으로 HD-FSS 주파수 분배 계획에 관한 작업문서(Working Document, WD)를 작성하였다. 이 작업 문서는 WP4-9S 의장보고서에 실어졌고, 차후 회의에서는 HD-FSS용 주파수 분배 후보 대역과 관련된 세부사항들을 다시 검토하기로 결정하였다.

다음 내용에서는 HD-FSS 시스템과 관련된 PD CPM Text와 관련 기고문을 참고로 하여 HD-FSS 시스템의 기술적 및 운용 특성을 살펴보았고, WP 4-9S의 작업 문서를 기초로 하여 HD-FSS용 주파수 분배 후보 대역에 관한 내용들을 표 형식으로 정리하였다.

가. HD-FSS 시스템의 일반적인 특성

HD-FSS(High Density application in the Fixed Satellite Service, High-Density FSS)는 다른 고정위성업무(FSS)와는 다르게, ***수많은 지구국이 산재 분포되어***(ubiquitously deploying a large number of earth station) 운용되는 FSS 시스템이다.

HD-FSS 시스템은 일반적으로 다음과 같은 특성을 가진다.

○ 유연·신속한 구축이 가능하고 산재 분포되어 있는 지구국(터미널)

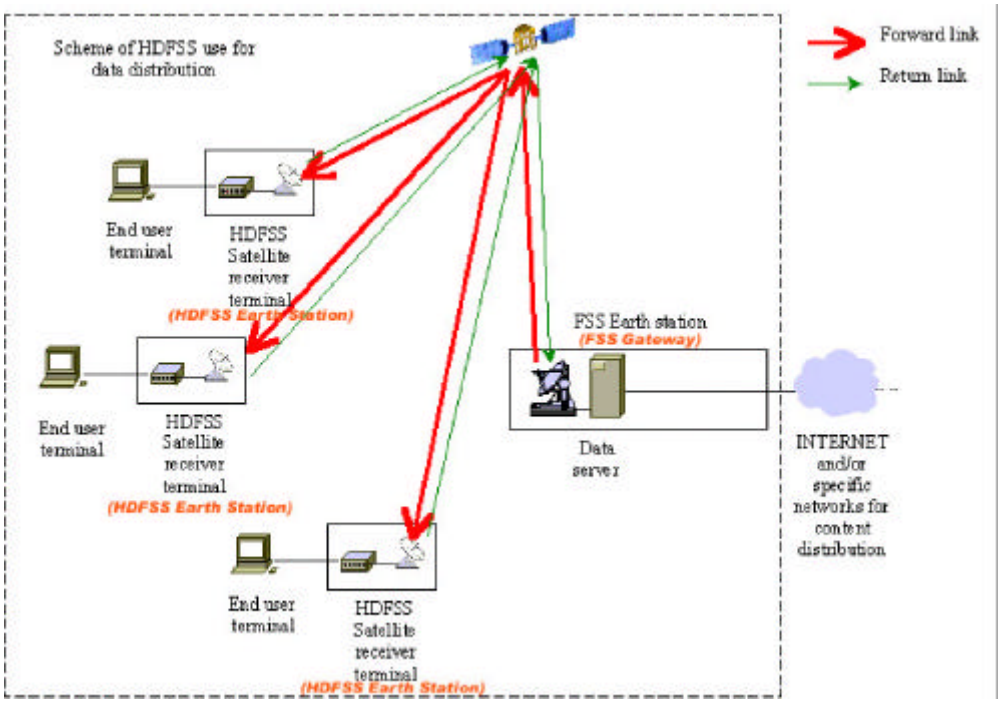
○ 위성 스폿빔(spot beams)을 사용한 높은 주파수 재사용
○ 안테나 크기가 작은 터미널
○ 저비용 터미널

많은 수의 터미널, 그리고 터미널의 일반적인 특성으로 인해, HD-FSS 지구국(터미널) 시스템이 주요 제작비용과 시스템 복잡성에 영향을 받기 쉬우면 안될 것으로 보고 있다.

이 시스템에서 위성은 정지 또는 비정지의 임의의 궤도 형태를 가질 수 있으며, 위성 통신 시스템에서 가용할 수 있는 어떠한 기술들도 사용할 수 있다. 이때 위성은 지상의 FSS 지구국(Gateway, 데이터 서버 역할)과 지상의 HD-FSS 위성 단말기간의 중계기 역할을 담당한다. <그림2.1.2>는 데이터 전송용으로 사용될 수 있는 HD-FSS형 시스템의 개략도이다.

이러한 HD-FSS형 시스템의 하드웨어적인 특성 및 구축·분포 특성으로 인해, HD-FSS 지구국을 개별적(Site-by-Site)으로 일반적인 타 지구국과 간섭 조정하는 것은 비현실적이다. 따라서 이렇게 개별적 기준으로 조정 및 통고, 등록되지 않는 FSS 지구국을 위한 ITU 전파 규칙을 HD-FSS의 경우에 적용하자는 의견이 나오고 있다. 하지만, HD-FSS용으로 분배된 주파수 대역에서 HD-FSS 터미널이 간섭없이 운용되기 위해 경우에 따라 일반적인 FSS 지구국과 개별적으로 조정을 가능하게 하는 규정이 필요할 것으로 보고 있다.

일부 국가의 주관청은 관련 국가 상황에 따라 FSS 분배 대역에서 간섭 경감 기법을 이용하여 주변 통신망에 간섭 영향을 주지 않으면서 HD-FSS 터미널이 보호되지 않는 상태에서 운용되는 것을 요구할 수도 있다는 입장을 밝혔다. 이러한 간섭 경감 기법의 효율성에 대한 연구는 수행 중에 있다.



<그림 2.1.2> HD-FSS형 시스템 개략도

<표 2.1.1> HD-FSS형 시스템의 링크 분류

	상향링크(Uplink)	하향링크(Downlink)	비고
Forward link	FSS Gateway	HD-FSS Earth station	· 안테나 크기 - FSS : 1.5 2.7m - HD-FSS : 0.3 0.9m
Return link	HD-FSS Earth station	FSS Gateway	

나. HD-FSS 주파수 분배 후보 대역

WRC-2003 의제1.25는 17.3GHz 이상, 특히 19.7GHz 이상 주파수 대역에서 전세계적으로 분배가능한 HD-FSS용 스펙트럼 분배 검토를 요구함에 따라 ITU-R WP4-9S에서는 HD-FSS 주파수 분배에 관한 기술적 검토 작업을 하였다. FSS용으로 분배된 상·하향링크 대역들 및 FSS(우주-지구)용으로 분배되지 않은 주파수 대역들에 대해서 HD-FSS용 주파수 분배 가능성을 검토·기술하였다. 현재 FSS(우주-지구 방향)로 분배되지 않은 주파수 대역에 대해서도 HD-FSS용 주파수를 분배하는 것과 관련, 일부 주관청은

FSS용으로 분배되지 않은 주파수 대역에 HD-FSS용 주파수 분배(우주-지구 방향)를 지지하는 않는 반면, 또다른 주관청들은 FSS용으로 분배되지 않은 주파수 대역에도 HD-FSS 같은 FSS 서비스용 주파수 대역을 새롭게 분배하는 것을 지지하고 있다.

작업 결과의 주요내용은 표 형식으로 짜여져 있고, 거론되는 "주파수 후보대역", "WP 4-9S 의견(WP 4-9S Commment)" 및 "잠정 WP 4-9S 잠정 결론(Preliminary WP 4-9S Conclusion)"으로 나누어져 있다. "WP 4-9S 의견"에는 ITU 각 지역에서 쓰이는 주파수 후보대역의 현재 사용현황이 나와 있고 일부 후보 대역에는 WP4-9S의 연구 결과도 함께 기술되어 있다. 특히, [ ] 표시 내의 짧은 기술 내용은 문서상으로 WP 4-9S 회의에서 합의되지 못한 문구임을 나타낸다.

부록 1은 WP4-9S의 작업문서를 참고·번역하여 HD-FSS용 주파수 후보대역에 대해 기술한 것으로 이들 주파수 분배 후보 대역과 관련된 우리나라의 주파수 이용 현황 및 계획을 같이 덧붙여 기술하였다. 이것은 차후에 이들 대역에서 운용되고 있거나 운용 계획 중인 우리나라 통신 서비스가 사용하게 될 주파수 대역과의 비교를 용이하게 하기 위해 이러한 기술 형식을 취하였다. "대한민국의 주파수 이용 현황 및 계획"에 관한 내용은 2000년도 정보통신부의 "대한민국 주파수 분배표" 자료를 참고로 하였다.

<표 2.1.2>는 부록 1의 HD-FSS 주파수 후보 대역들을 상/하향 링크용으로 연결해 놓은 것이다. 그러나 이 <표 2.1.2>로부터 HD-FSS 시스템의 대칭 또는 비대칭적인 주파수 대역 사용을 판단해서는 안 된다.

<표 2.1.2> HD-FSS 주파수 분배 후보 대역 상/하향 링크 연결

상향링크 주파수대역(GHz)	하향링크 주파수대역(GHz)
81 86	71 76
42.5 43.5, 47.2 50.2, 50.4 51.4	37.5 42.5
48.2 50.2	40.0 42.0
30 31	20.2 21.2
29.5 30	19.7 20.2
29.1 29.5	19.3 19.7
28.6 29.1	18.8 19.3
27.5 28.6	17.7 18.8
18.1 18.4	21.4 22

3. HD-FS 운용 현황

향후 새로운 이동 서비스 및 멀티미디어를 포함한 광대역 서비스를 제공하기 위해 지상 고정업무의 고용량화가 필수적으로 이행되어야 하기 때문에, 고정업무 시스템의 고밀도 서비스(High Density applications in the Fixed Service, HD-FS)화에 대한 필요성이 점점 커지고 있고, 이러한 서비스 상의 필요에 의해 이와 관련된 통신 시스템의 구축과 운용이 진행되고 있다.

이러한 통신 시스템 중의 하나인 HD-FS 응용시스템은 기존 FS 응용 시스템(특히 고정 무선 접속 시스템 또는 기존 이동통신 기간망)과는 달리 훨

씬 짧은 링크 거리(주로 1km 이내)와 단위 면적당 고밀도 구축·운용 특징을 가진다. HD-FS 응용시스템으로는 고밀도 이동통신기간망, BWA (Broadband Wireless Access) 시스템 또는 MWS(Multimedia Wireless Systems) 등을 들 수 있고, BWA/MWA 시스템은 LMDS(Local Multipoint Distribution Services) / LMCS(Local Multipoint Communication Services), B-FWA(Broadband Fixed Wireless Access) 및 B-WLL (Broadband Wireless Local Loop) 등의 통신 서비스와 유사하며 명칭상으로만 다양할 뿐 서비스 내용에 있어서는 동일하다.

현재 전세계적으로 주로 20 40GHz 대역에서 이러한 HD-FS 응용시스템이 구축·운용되고 있다. 초기에는 20GHz 대역에서 LMDS/LMCS 시스템에 기반한 HD-FS형 시스템이 개발되어 운용되었다. 그러나 늘어나는 광대역 서비스의 증대에 따라 관련된 주파수 대역 추가분배가 필요하게 되었고 이에 WRC-1997과 WRC-2000에서 30GHz 대역 이상 HD-FS용 주파수 대역 분배에 대한 논의가 각각 이루어졌다. WRC-1997에서는 31.8 33.4GHz, 40.5 42.5GHz, 51.4 52.6GHz, 55.78 59.0GHz, 64.0 66.0GHz 등의 여러 대역을 HD-FS용으로 분배하였고 WRC-2000에서는 37.0 40.0GHz과 42.5 43.5GHz 대역의 추가 분배를 결정하였다.

앞서 기술한 내용을 토대로 하여, <표 2.1.3>에서는 HD-FS 계열의 광대역 무선 접속 시스템을 운용하는 주요 국가의 현황을 정리하였다.

기존의 지상 FS 시스템에서 발전했기 때문에, 대부분은 점대점 (Point-to-Point, PP)형태의 시스템이 대규모로 구축되었으나 최근에는 기존의 유선망을 대체하는 가입자 무선 접속 방식의 필요성에 따라 점대다중점 (Point-to-MultiPoint, PMP) 방식의 시스템도 구축·운용되는 추세이다. 그러나, 점대다중점 방식은 가입자 무선 접속을 특징으로 하는 BWA 또는 MWS 시스템 같은 광대역 무선 멀티미디어 서비스에 주로 활용되고 있으나 현재 개발이 한창 진행 중인 방식으로 볼 수 있다.

특히 최근에 들어, 37 40GHz 대역을 중심으로 제 1지역의 독일을 비롯한 일부 유럽 국가, 제 2지역의 미국, 브라질, 제 3지역의 경우 일본 등의 국가에서는 현재 사용되고 광통신 가입자 연결 선로를 대체하기 위한 점대점 또는 점대다중점 시스템용과 기존 이동통신망을 대신하는 고용량 이동통신망 인프라구조 구축을 위한 점대점 시스템용으로 HD-FS 개념의 응용시스템을

구축 중이거나 이미 운용하고 있다. 독일의 경우, 기존의 이동통신망의 고용량화를 위한 인프라구조 구축 차원에서 운용·구축 중이며, 미국·일본의 경우는 고속·대용량의 데이터 전송시 주로 광통신 같은 유선 중심의 가입자망을 무선 접속 중심의 가입자망으로 대체하기 위한 방향으로 HD-FS 시스템을 설계·운용하고 있다. 특히, 브라질의 경우는 고밀도 무선 접속 가입자망 구성과 동시에, 이동통신망의 고용량화를 위한 인프라 구축이라는 두가지 방향으로 시스템을 운용하고 있고, HD-FS 구축에 있어서는 다른 나라들보다 훨씬 더 비약적인 발전을 거듭하고 있다.

<표 2.1.3> HD-FS 관련 주요 국가의 현황

		미국	캐나다	일본	영국
주파수	대역	27.5 28.35GHz 29.1 29.25GHz 31.005 31.30GHz	25.35 28.35GHz 38.60 40.00GHz	22.0 22.4GHz 22.6 23.0GHz 25.25 27.0GHz 38.05 38.5GHz 39.05 39.5GHz	27.5 29.5GHz 40.5 43.5GHz
	대역폭	1,300MHz	3,000MHz	3,450MHz	3,000MHz
명칭		LMDS	LMCS	FWA	MWS
면허시기		'97. 3	'97. 9	'98. 12	2000. 9
정책목표		시내전화 및 CATV의 경쟁 확대	통신망 고도화, 장비 및 서비스업계의 국제 경쟁성 제고	지역통신 경쟁확대, 멀티미디어 조기 보급을 위한 대용량 무선통신개발	Broadband access 서비스 조기 도입, 소비자와 장비 및 서비스업체 이익증진

우리나라는 광대역 멀티미디어 서비스를 위해서 24.25 24.75 GHz대역과 25.5 27.5 GHz 대역을 B-WLL용으로 할당하였다. B-WLL 시스템은 우리나라에서 초고속 인터넷 가입자망을 무선으로 대체하려는 기술 중의 하나로 저출력 밀리미터파를 이용하여 단위 셀(Cell)내에 위치한 다수 가입자에 음성, 데이터, 영상을 제공하는 광대역 무선가입자망이다. B-WLL용으로 분배된 주파수 중에서 26.7 27.5 GHz 대역은 일단 무선 CATV용으로 사용한 후 향후 WLL용으로 전환 사용될 것으로 보인다. 또한 40.5 42.5 GHz 대역은 WLL 시스템 연구개발용으로 할당이 되었으나 전세계적으로 40GHz 대역

에서 HD-FS 시스템 개발이 활발히 이루어지고 있는 것을 감안할 때, 우리나라도 이 대역에서 B-WLL를 비롯한 광대역 무선 서비스를 고려해야 될 것으로 보인다. 40GHz 대역은 특히 HD-FSS용 주파수 분배가 유력하므로 이 대역에서의 주파수 공유 문제가 대두되고 ITU에서 연구되고 있는 바, 향후 서비스 계획된 40GHz 대역 우리나라 지상망과의 공유·간섭에 대한 연구가 절실히 필요할 것으로 보인다.

4. 37.5 42.5GHz 대역 HD-FSS과 HD-FS 공유 문제

앞의 HD-FS 운용 현황에서 밝힌 바와 같이, 현재 37 40GHz 대역을 중심으로 HD-FS 시스템이 활발히 개발되어 운용되고 있는 가운데 ITU-R에서는 이 대역에서 HD-FSS 서비스용 주파수 분배가 고려되고 있음을 주지, WP4-9S 중심으로 이들 HD-FS와 HD-FSS간의 공유에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. <표 2.1.4>의 모든 결의와 의제들은 동일 지역 내 HD-FSS와 HD-FS간의 주파수 공유 기술의 어려움을 극복하기 위한 방법 연구를 공통적으로 각 주관청에 권유하고 있다.

<표 2.1.5>는 37.5 42.5GHz 대역 주파수 분배 현황으로 제 1지역과 제 2지역에서 HD-FSS 운용을 이미 계획 중인 것으로 나타나 있다. 특히 제 1지역에서는 39.5 40.5 GHz 대역에서 HD-FSS 지구국 터미널을 확실히 보호하기 위한 조치로 이 대역 내에는 FS 시스템 구축을 하지 않을 것으로 보인다. <표 2.1.5>를 보면 각 ITU 지역마다 HD-FSS 도입에 따른 다른 서비스간 주파수 공유에 대한 의견이 다를 수 있음을 미루어 짐작할 수 있다.

우리나라는 이 37.5 42.5GHz 대역에서 HD-FS형 시스템이 아직 운용되고 있지는 않으나 향후 서비스 가능성을 두고 볼 때, HD-FSS 도입에 따른 시스템간 주파수 공유 관련 연구는 필요할 것이다.

본 단락에서는 37.5 42.5GHz 대역에서 HD-FSS와 HD-FS간 공유 연구를 위해 필요한 두 시스템의 주요 파라미터를 간략하게 정리하였다.

<표 2.1.4> 37.5 42.5 GHz 대역 공유 관련 결의 및 의제

	주 요 내 용
Resolution 84(결의 84) (WRC-2000)	37.5-42.5GHz 대역에서 고정위성, 방송위성 그리고 이동위성 서비스에 대한 전력속밀도 제한치
Resolution 128(결의 124) (WRC-2000 개정)	42.5-43.5GHz 대역내 전파천문업무의 보호
S5.547 (WRC-2000 개정)	39.5 40 GHz와 40.5 42 GHz에서 HD-FSS 서비스 가능성이 있으므로 주관청은 이 주파수 대역의 HD-FS 서비스에 대한 잠재적인 제한사항 고려
WRC-2003 **의제 1.32**	결의 128(WRC-2000 개정)과 84(WRC-2000)에 따라 37.5 43.5GHz 대역에 대한 기술·규정 제한 사항을 검토

<표 2.1.5> ITU 지역별 37.5 42.5 GHz 대역 주파수 분배

	37.5 42.5GHz 대역 주파수 사용 계획			
제 1 지역 (CEPT)	37.5	39.5	40.5	42.5
	FS/FSS	**FSS**/FS	**FS**/FSS	
	(고밀도 이동통신기간망)	1)	**MWS, BWA**	
	FSS Gateway, HD-FSS[2)]	**HD-FSS**	FSS Gateway, HD-FSS[2)]	
제 2 지역 (CITEL)	37.5	40	42	42.5
	FS/FSS	**FSS**		**FS**/FSS
	(BWA)			**(BWA)**
	FSS Gateway	**HD-FSS**		FSS Gateway
제 3 지역	37.5	40		42.5
	FS/FSS	FSS/FS		
	(고밀도 이동통신기간망),(BWA)	**(BWA)**		
	3)			

- 굵은 글씨체는 주파수 대역 내에서 우선 업무(Priority Service) 표시
- ( ) : 구축·운용 중인 시스템 표시

1) HD-FSS 지구국 보호를 위해 FS 시스템은 구축되지 않을 것임.

2) 이 대역의 HD-FSS 지구국은 보호되지 않음.

3) 이 대역에서 FSS 사용계획에 대한 정보는 현재 없음.

HD-FSS의 경우는 이 대역에서 운용되는 고정위성업무시스템의 특성을 참고로 한 것이다. WP4-9S에서 수정 또는 작성된 권고초안을 참고를 하여 이 대역에서 고정업무를 보호하기 위한 정지 또는 비정지 위성의 최대 전력 선밀도 제한치(PFD limit)를 정리하였다.

가. 37.5 42.5GHz 대역 FSS 위성 시스템 특성 파라미터

HD-FSS 후보 대역인 37.5 42.5GHz 주파수 전 대역은 ITU 구분 지역에 특성에 따라 FSS 송신국(Gateway) 또는 HD-FSS 소형 지구국 통신 시스템용으로 계획되어 있다. 이런 점에서 볼 때, 이 대역에서 운용하려고 하는 FSS 시스템은 향후 HD-FSS 위성 시스템으로 충분히 볼 수 있다. Recommendation ITU-R S.1328-3은 특히 37.5 42.5GHz 대역에서 정지 또는 비정지 FSS 시스템에 관련된 정보들을 상세하게 제공하고 있다. 38GHz 또는 40GHz 대역 FSS 시스템에서 요구되는 운용 및 기술 특성은 ITU-R Recommendation [4/40]에서 잘 정리되어 제공된다. 이 권고에서는 GSO V1 FSS 시스템의 Gateway국과 소형 지구국 그리고, MULTIMEDIASAT의 소형 지구국 같은 시스템들의 기술적 파라미터를 상세하게 잘 기술하고 있다.

<표 2.1.6>에서는 37.5 42.5GHz 대역에서 운용되는 FSS와 FS 시스템간의 주파수 공유 연구를 위해 고려될 수 있는 일반적인 FSS 시스템 파라미터와 특성값들을 요약·정리하였다.

나. 37.5 42.5GHz 대역 HD-FS 시스템

37.5 42.5GHz 대역은 고정업무가 1차 업무로 분배되어 있고. 이 대역에 있어 통신 서비스 진출에 대한 각국 주관청의 규제 완화는 이 대역을 근거리 무선 통신 접속 대안으로 보고 있고 이에 따른 경쟁적인 수요를 일으키고 있다. 이미 이 대역에서 점대점 시스템이 대규모로 구축되어 있고, 시스템 사용은 늘고 있는 추세이다. 이 대역의 주요 고정업무는 이동통신 기간망

<표 2.1.6> 37.5 42.5GHz 대역 일반적인 FSS 시스템 주요 파라미터

특성 파라미터	GSO FSS	Non-GSO FSS(중궤도)
Satellite antenna beam size	0.3 0.65 °	0.6 1.8 ° (위성고도와 관계)
Typical spacecraft DC power	10 15Kw	3 5Kw
Typical satellite transmit RF power into the antenna	2.5 3.5Kw	0.7 1.1kw
Number of beams	30 60 Beams	10 20 Beams
Bandwidth(per satellite)	2.0 GHz까지 (HD-FSS와Gateway/Hub 용을 포함해서)	2.0 GHz 까지 (HD-FSS와 Gateway/Hub 용을 포함해서)
Frequency reuse scheme	4 또는 7회(대부분 시스템은 4회를 이용)	4 또는 7회(대부분 시스템은 4회를 이용)
Link availability · Gateway/Hub · HD-FSS(VSAT)	 · 99.90 99.95% · 99.5 99.7%	 · 99.90 99.95% · 99.5 99.7%
Payload	Transparent transponder 또는 Processing payload	Transparent transponder 또는 Processing payload
Minimum operation elevation angle	> 15 °	> 20 °
Modulation	QPSK/8PSK/16QAM	QPSK/8PSK/16QAM
Bit Error Rate	10^{-8} 10^{-10}	10^{-8} 10^{-10}
Coding	Concatenated code	Concatenated code
C/N Threshold*	7 10dB (변조와 코딩방식에 따라)	7 10dB (변조와 코딩방식에 따라)
Interference degradation (시스템 내부와 시스템간의 간섭으로 인한)	2 4dB	2 4dB
System margin	1 3dB	1 3dB
Earth terminal antenna size · Gateway/Hub · HD-FSS(VSAT)	 · 1.8m 2.7m · 0.3m 0.9m	 · 1.8m 2.7m · 0.3m 0.9m
Earth terminal system noise temperature	300 500K(User) 400 800K(Gateway)	300 500K(User) 400 800K(Gateway)
Polarization	Single Circular Polarization	Single Circular Polarization
* Payload 종류에 따라서 하향링크 C/N 요구치는 3dB 더 높아질 수 있음		

용과 근거리 무선 접속용이고 현재 근거리 무선 접속용으로 많은 수의 점대점 시스템과 점대다중점 시스템이 구축될 계획이다. 주로 도심, 도심 주변 그리고, 산업 지역에 서비스 사용자가 집중되어 있으므로 그러한 지역들에 대한 고밀도 시스템 구축이 요구된다. 이 대역 전파환경은 강우감쇄에 의해 주로 영향을 받기 때문에 강우에 대한 영향 고려가 시스템 설계시 필요하다. 근래의 대표적인 HD-FS 통신 시스템인 BWA의 경우, 맑은 날씨 조건 하에 10^{-6} 비트에러율 임계치와 보통 10^{-11} 비트에러율에서 최소 99.999% 가용율을 요구하고 있다. 요구한 성능을 가능하게 하기 위해서는 링크 설계시에 암호화 이득(Coding Gain) 변수를 필요로 한다. FS 업무 이외에도, 현재 이 대역은 FSS(우주-지구 방향) 업무가 공동 1차 업무로 되어 있고 HD-FSS 시스템을 비롯한 많은 FSS 지구국 시스템이 이 대역에서 설치될 계획이다. 이에 따른 주파수 공유가 중요한 문제로 떠오르고 있다.

(1) 공유 연구를 위한 HD-FS 특성 파라미터

<표 2.1.7>은 37.5 42.5 GHz 대역에서 FSS와의 공유 연구를 고정업무(FS) 주요 파라미터를 나타낸 것이다. 대표적인 FS 시스템인 BWA 시스템 특성 파라미터들을 참고로 하였다.

I/N Methodology를 통해 <표 2.1.7>의 파라미터를 이용해 FSS의 FS에 대한 간섭을 충분히 계산할 수 있으며, 주어진 간섭값의 실제적인 영향은 FS 시스템의 가용율 목표치와 시스템의 감쇄 여유치에 의존한다.

BWA는 99.999%의 높은 시스템 가용율을 가지고 링크의 2/3이상이 반경 0.8km 보다 작은 지역에 존재할 정도로 링크 거리가 짧은 특성을 가지고 있다. <표 2.1.8>은 높은 가용율에 대해 요구되는 강우 여유치(Rain Margins)를 보여 주고 있다.

(2) 공유 연구를 위한 HD-FS 시스템 구축 특성

고정업무(FS) 시스템은 지상에 널리 분포되어 운용되는 특징을 가지므로 수적으로 한정적인 일반 고정위성업무(FSS)와의 공유 문제를 보다 현실적으

<표 2.1.7> 37.5 42.5GHz 대역 HD-FS 시스템 주요 파라미터

주요 특성 파라미터	특성값
Receiver Antenna Gain	44dBi 까지 (PMP Hub station인 경우 16dBi)
Feeder losses	0dB
Receive noise figure	4dB
Noise increase (시스템 내부간 간섭)	1dB
Elevation angle	0 60° (PMP Hub station인 경우 0°)
Polarization	Linear Polarization

<표2.1.8> 99.999% 가용율시 요구되는 강우감쇄 여유치

Link distance (km)	Fade Margin(dB) (39.3 GHz, 수평편파)					Fade Margin(dB) (39.3 GHz, 수직편파)				
	Rain rate(mm/hr)(Zone)					Rain rate(mm/hr)(Zone)				
	12(B)	22(E)	42(K)	63(M)	95(N)	12(B)	22(E)	42(K)	63(M)	95*(N)
0.1	0.8	1.3	2.5	3.6	5.2	0.6	1.1	2.1	3	3.0
0.3	2.2	4	7.3	10.6	15.4	1.9	3.4	6.2	9	8.8
0.5	3.7	6.5	12	17.4	25.1	3.2	5.6	10.2	14.7	14.3
0.7	5.2	9.1	16.6	24	34.3	4.5	7.8	14.2	20.3	19.6
0.9	6.6	11.6	21	30.4	43.2	5.7	10.0	18.0	25.8	24.7
1.1	8	14.1	25.5	36.7	51.7	6.9	12.1	21.8	31	29.5
1.3	9.4	16.5	29.9	42.8	59.8	8.1	14.2	25.5	36.2	34.1
1.5	10.8	18.9	34.1	48.7	67.6	9.3	16.2	29.1	41.3	38.6
*위도가 30도 미만이라는 가정 하에서 계산됨. (ITU-R P.530에 따라 계산에 영향을 줌)										

로 연구를 하기 위해서는 고정업무 시스템의 구축 특성을 살펴볼 필요가 있다. 특히, ITU-R Recommendation F.1498에서는 37 40GHz 대역에 HD-FS 시스템의 구축 특성들을 보여 주고 있다. 37 40GHz 대역에서 주요 국가들이 운용하는 BWA 망의 구축 특징들을 비교적 잘 제공하고 있으나, 공유연구를 위해 40.5 42.5GHz 대역에서 이용되는 고정업무 시스템에 대한 정보로는 이용하기 어려울 것으로 생각된다.

37.0 40.0 GHz 대역에서 초기 대규모의 점대점(Point-to-Point, P-P) 시

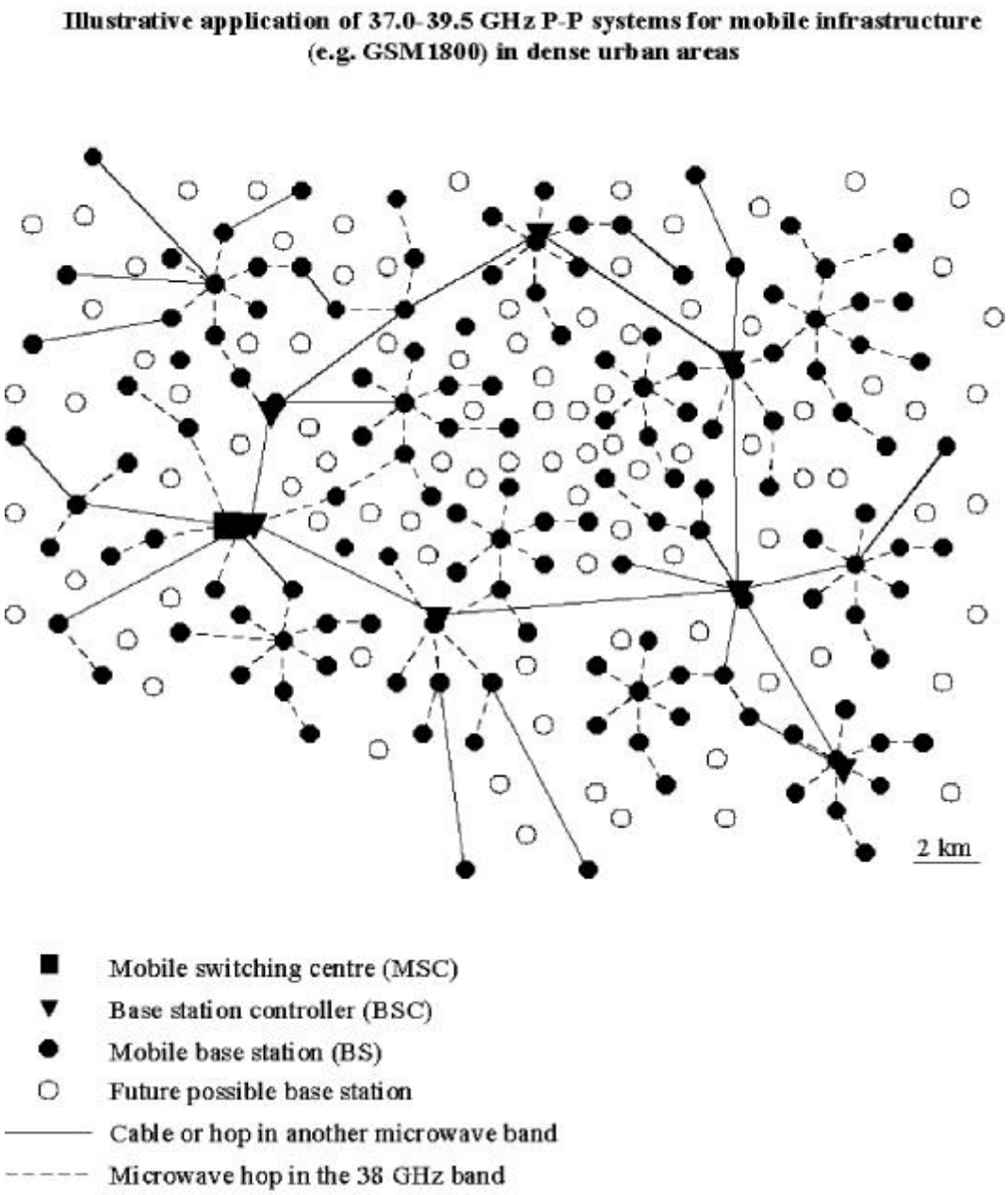
스템은 주로 도시와 산업 지역의 이동통신망 구축에 집중되었다. 최근 들어 이 주파수 대역에서 대규모의 FS 시스템 구축은 직접 가입자와 P-P 링크로 연결하는 고정무선접속망의 다양한 형태를 보여주고 있다.

<그림 2.1.3>는 38GHz 대역 도시 지역의 고밀도 이동통신기간망 구축을 나타내는 예제그림이다. <그림 2.1.3>에서 보이는 도시 지역의 38GHz 대역 이동통신망 구축 밀도는 ㎢당 1 10개의 기지국을 가지는 수준까지 발전하였다. 대개의 링크들은 99.990 99.999%의 링크 가용율 기준을 만족시킨다. 제 1지역의 많은 국가에서 38GHz 대역에서 수많은 링크들이 설치되었고 독일의 경우 2000년 말까지 11,200개에 이르는 P-P 링크가 설치되었다. <그림 2.1.4>는 독일의 38GHz 대역 점대점(P-P) 링크들의 분포를 나타낸 것으로 그림에서 보면 링크의 80%가 독일 전지역의 15%에 집중되어있고, 나머지 지역에도 그 외의 링크가 존재하지만 수적으로 무시해도 좋을 정도의 지역이 많이 존재한다. <그림 2.1.5>는 독일에서 이동통신망용으로 구축된 38GHz 대역 HD-FS 시스템의 링크거리를 누적 분포로 나타낸 것이고, <그림 2.1.6>은 이동통신망 링크의 앙각 분포와 그것의 누적 분포를 함께 나타내었다. <그림 2.1.5>의 링크간 거리 분포를 보면, 전체 링크의 13%만 1km 이하의 링크간 거리를 가지고, 나머지 대부분의 링크는 1km 이상의 링크를 가진다. <그림 2.1.6>에 보이는 시스템의 안테나 앙각 분포의 경우, 앙각이 10° 미만인 링크가 99%에 달한다. 이러한 독일의 링크 앙각 분포 특성 예는 이후에 설명되는 무선 가입자망 형태의 미국의 예(<그림 2.1.7>과 <그림 2.1.8>)와 비교할 때 현저하게 다름을 볼 수 있는데 이러한 이유는 다음과 같다. 독일의 경우,

- 대부분 링크간 거리가 1km 이상(1 4km)이고,
- 이동통신망의 터미널 높이가 다른 망과 달리 좀더 일정하게 분포하고,
- 독일 대도시와 미국 대도시 건물들의 구성상의 차이

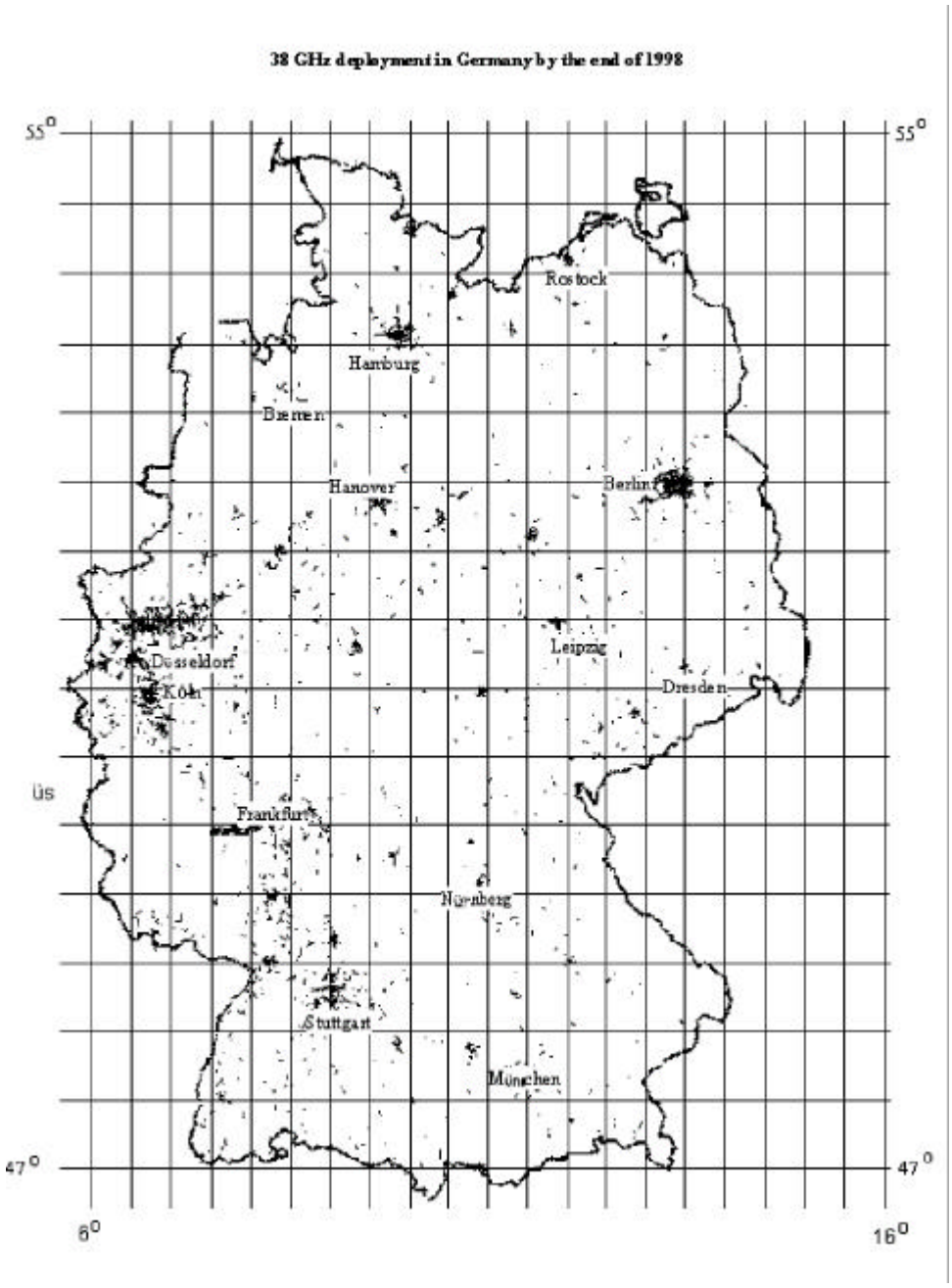
가 있을 수 있다.

미국의 38GHz 대역 점대점 시스템의 구축 밀도는 몇가지 보고된 예를 참고하면, ㎢당 약 200개까지 링크국이 설치되어 있는 것으로 되어있고, 그 면적당 설치수는 점점 증가하고 있다고 한다. 미국 전체적으로 이같은 링크 설



<그림2.1.3> 도시 밀집 지역 38GHz 이동통신망 구축 예
(37.0 39.5 GHz P-P 시스템)

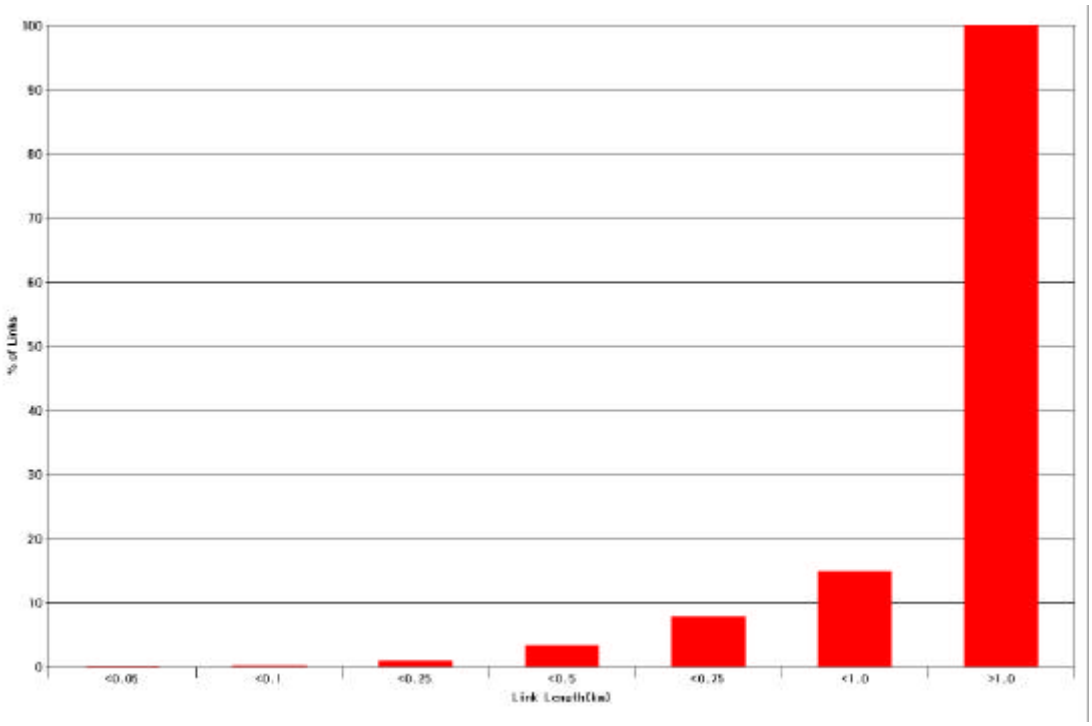
치 증가율은 1998년 1월에서 2000년 12월 사이 400%에 육박하였다. 미국의 38GHz 대역은 현재 주로 고정업무(FS)용으로 허가되어 있고, 100개에 이르는 FS 사업허가권자가 3500개의 지역허가를 가지고 있다. 38GHz 허가권자들은 가입자에게 직접 연결되는 디지털 링크 접속을 제공하는 새로운 형의



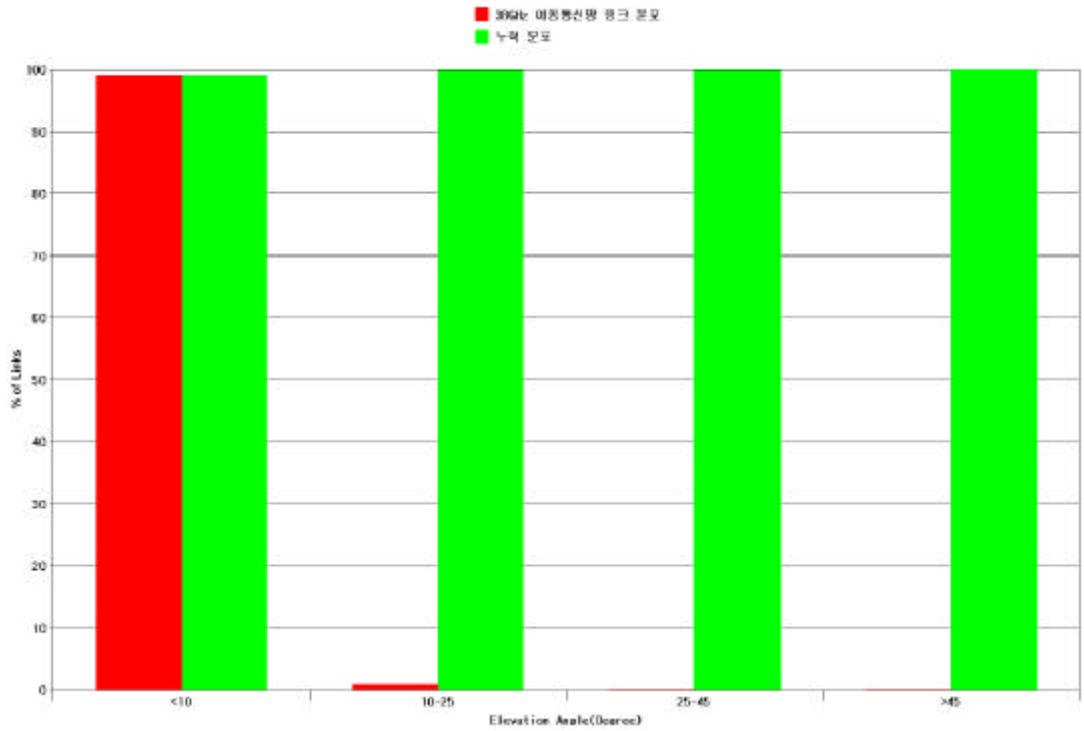
<그림 2.1.4> 독일의 38GHz 대역 시스템 구축(1998년 말)

FS 근거리 무선망을 구축하고 있으며 이 근거리망은 일반전화망과 광통신망을 통해 공중 통신망과 연결될 것으로 보인다.

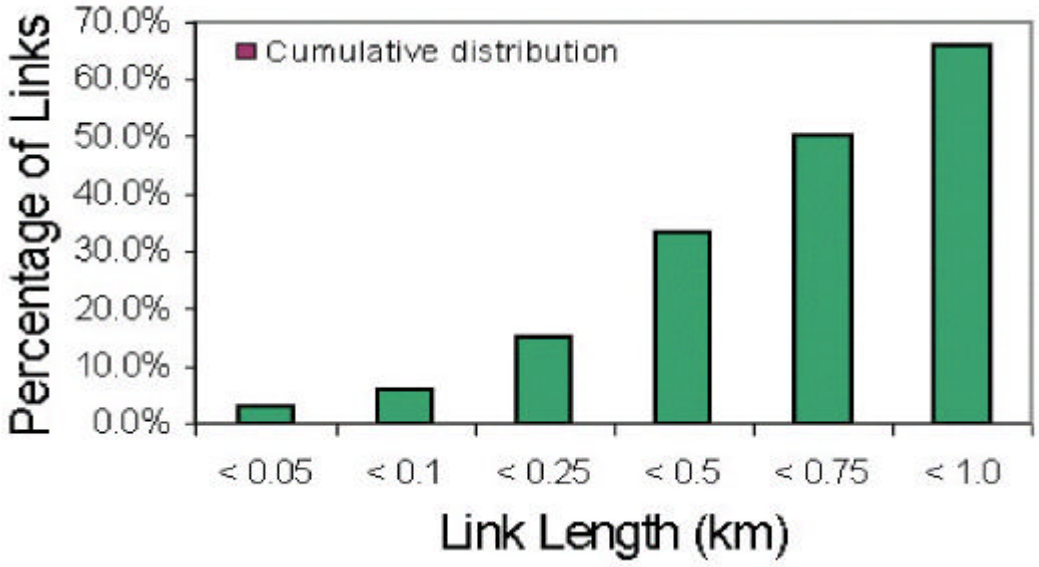
현재 서비스가 되고 있는 미국의 대도시에 설치된 전체 38GHz 무선접속 망링크 중의 1/3까지는 0.5km이하의 링크간 거리를 가지고, 전체의 1/2까지는 0.75km 이하의 링크 길이, 그리고 전체의 2/3까지는 1km 이하의 링크간 거리를 가진 것으로 되어 있다. 이런 상황은 <그림 2.1.7>에 나타난 미국에



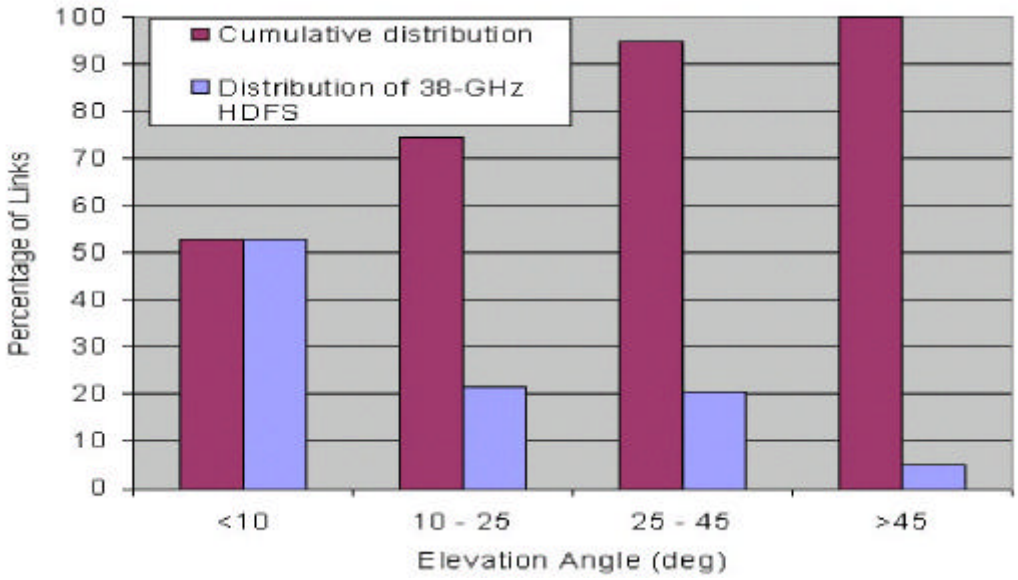
<그림 2.1.5> 독일 38GHz 대역 이동통신망 링크거리의 누적분포



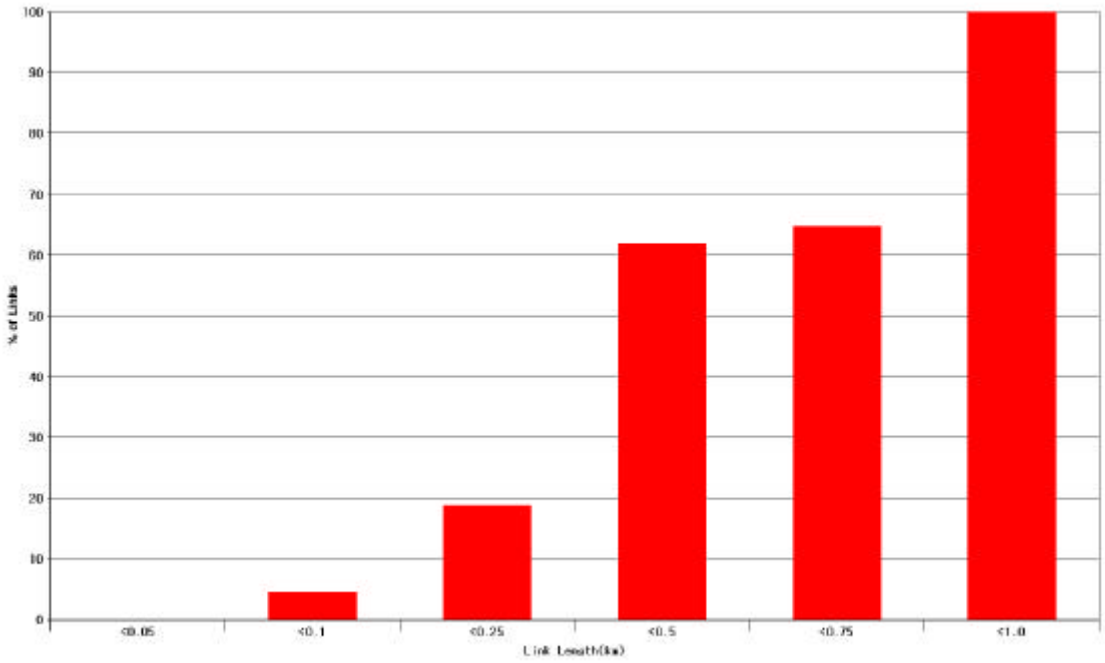
<그림 2.1.6> 독일 38GHz 대역 이동통신망 링크 앙각(Elevation Angle) 분포



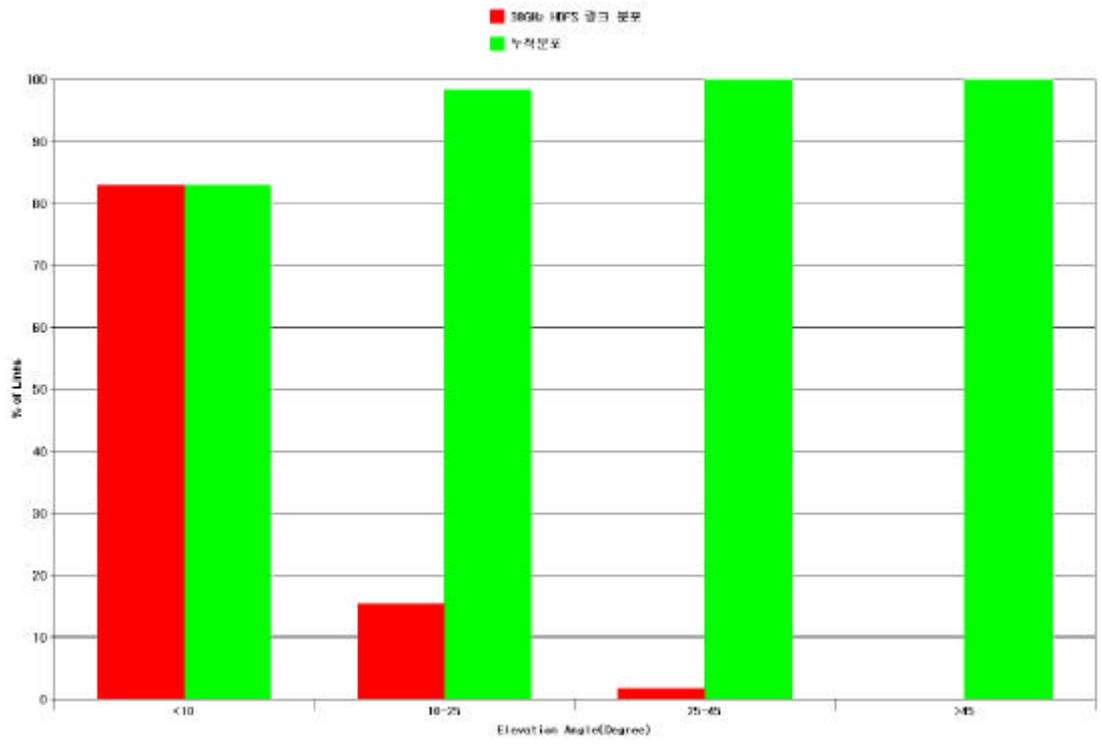
<그림 2.1.7> 미국 38GHz 대역 HD-FS 시스템(무선가입자망) 링크길이의 누적분포



<그림 2.1.8> 미국 38GHz 대역 HD-FS 시스템(무선가입자망) 링크 앙각 분포



<그림 2.1.9> 일본 38GHz 대역 HD-FS 시스템 링크길이의 누적분포
(계획단계의 시스템 포함)



<그림 2.1.10> 일본 38GHz 대역 HD-FS 시스템 링크 앙각 분포
(계획단계의 시스템 포함)

설치된 무선 가입자망형의 HD-FS 시스템의 링크간 거리 분포에서 파악할 수 있다. <그림 2.1.8>은 무선 가입자망형의 HD-FS 시스템의 안테나 앙각 분포로 링크의 50%가 10° 미만의 앙각을 가지고 링크의 40%가 10 45° 사이 앙각을 가진다.

일본에서 38GHz 대역은 가입자망에 기반한 고정 무선접속용(FWA)으로 사용하고 있으며 링크당 60MHz 주파수 쌍블록(60MHz+60MHz) 형태로 주파수가 운용된다. 강우량이 많은 일본의 기후로 인해 서비스 운용자들에게 있어 링크간 거리와 링크 가용율 사이의 Trade-off 고려하는 것이 중요한 문제이다. 기본적으로 99.999% 가용율이 요구되므로 38GHz 대역 링크간 거리는 1km 단위로 제한되고 보통 6 155Mbit/s 데이터 전송율을 가진다. <그림 2.1.9>와 <그림 2.1.10>에서는 일본의 일반적인 38GHz 대역 HD-FS 시스템의 링크거리 분포와 링크 앙각 분포를 각각 보여주고 있다. 일본의 경우, 초기의 38GHz 시스템 서비스가 시작된 지 오래되지 않았기 때문에 <그림 2.1.9>와 <그림 2.1.10>에서 보여지는 분포는 계획단계의 38GHz 링크 시스템 경우들도 포함되었음을 밝힌다. <그림 2.1.9>에서 보듯이 모든 링크가 1km 이내의 링크간 거리를 가지고 <그림 2.1.10>의 안테나 앙각 분포의 경우 링크의 80%가 10° 미만의 낮은 앙각을 가진다. 45° 넘는 앙각을 가진 링크는 존재하지 않는 것으로 나와 있다.

브라질은 최근 점대점(P-P) 디지털 무선 시스템들의 폭발적인 증가가 있었고 이 시스템들은 2 34MBit/s에 이르는 다양한 전송율을 가지고 주로 이동통신망과 공동 무선접속망, 15GHz대역 이상의 디지털 네트웍용으로 다양하게 존재하고 있다. 디지털 네트웍을 제공하는 155MBit/s의 38GHz 대역 시스템들이 새로이 구축되었고, 현재 브라질 대도시 지역에서는 보다 낮은 주파수대의 사용 포화로 인해, 38GHz 대역은 다양한 디지털 무선 네트웍용으로 허가되었다. 2001년 중간 기점으로 브리질 대도시들에는 점대점 시스템형의 2500개 링크국들이 설치되었다. 이 수치는 1997년말 260개가 허가되었던 비해 3.5년동안 10배의 증가세를 보이는 것이다. 또한 38GHz 대역의 경우 데이터 통신용 무선 접속 시스템의 증가율이 이 대역의 이동통신망 시설 구축 비율보다 훨씬 더 크다. 미국의 경우처럼 링크국의 안테나가 높은 앙각 분포를 가지는 것으로 아직 보고되지는 않고 있지만 데이터 통신용 무선 접속 시스템의 증가율을 감안할 때, 향후에 시스템은 25° 이상의 높은 앙각을

가질 수 있을 것으로 보인다. 링크거리는 최소 30m에서 최대 2.8km까지 다양하게 분포하는 것으로 보고되고 있다. 덧붙여, 브라질에는 몇가지 디지털 점대다중점 시스템이 시험 구축되었고 이 P-MP 시스템이 상업서비스를 시작하는 2002년에 제반규정들을 제정하기 위해서 주관청은 시험 보고서를 기다리고 있다.

(3) 37.5 42.5GHz 대역 고정업무를 보호하기 위한 위성의 PFD 제한치

WRC-2000 결의 84는 표S21-4(Table S21-4)의 PFD 제한치(Limit)가 37.5 40GHz 대역과 42 42.5GHz 대역에서 우주-지구 방향의 송신 FSS와 MSS로부터 고정 업무를 보호할 수 있는가와 40.5 42.0 GHz 대역에서 우주-지구 방향의 송신 FSS로부터 고정 업무를 보호할 수 있는가를 결정하기 위한 연구를 ITU-R에 권유하고 있다. 또한 결의 84는 이 대역에서 HD-FSS 형 시스템이 일부 국가에서 계획 중임을 고려하여 PFD 제한치를 평가할 것을 제시하고 있다. 이에 WP4-9S는 Draft Revision to Recommendation(DRR) ITU-R SF.1484과 Draft New Recommendation(DNR) ITU-R SF.[Doc. 4/75-9/96]을 작성하였다. DRR ITU-R SF.1484는 이 대역의 고정 업무를 보호하기 위한 비정지 위성시스템의 PFD 최대허용치에 대해 설명하고 있고, DNR ITU-R SF.[Doc. 4/75-9/96]는 정지위성망의 PFD 최대허용치에 대해 설명하고 있다.

다음의 <표 2.1.9>와 <표 2.1.10>에서는 고정업무 시스템과 정지 또는 비정지 위성 시스템의 공유를 위해 위성 하나에 대한 지상에서의 PFD 최대허용치를 주파수 대역과 도래각(the angle of arrival: 수평선 기준)별로 정리하였다. 표의 PFD 최대 허용치는 자유공간 전파조건 하에서의 PFD와 관련이 있다.

<표 2.1.9> 정지 위성의 PFD 최대 허용치

	정지 위성의 PFD 최대 허용치(dB(W/㎡), 1MHz 기준 대역폭당)			
	0° ≤ θ ≤5°	5° < θ ≤20°	20° < θ ≤25°	25° < θ ≤29°
37.5 40.0GHz	- 127	- 127+(4/3)(θ - 5)	- 107+0.4(θ - 20)	- 105
40.0 40.5GHz	- 115	- 115+0.5(θ - 5)		- 105
40.5 42.0GHz	- 120	- 120+(θ - 5)	- 110+0.5(θ - 5)	- 105
42.0 42.5GHz	- 127	- 127+(4/3)(θ - 5)	- 107+0.4(θ - 20)	- 105

<표 2.1.10> 비정지 위성의 PFD 최대 허용치

	비정지 위성의 PFD 최대 허용치(dB(W/㎡, 1MHz 기준 대역폭당)		
	0° ≤ θ ≤5°	5° < θ ≤25°	25° < θ ≤29°
37.5 40.0GHz	- 120	- 120+0.75(θ - 5)	- 105
40.0 42.0GHz	- 115	- 115+0.5(θ - 5)	- 105
42.0 42.5GHz	- 120	- 120+0.75(θ - 5)	- 105

5. 향후 연구내용

현재 HD-FSS 도입에 대한 계획이 없고 HD-FS형 통신서비스는 시험망이 검토되고 있으나 아직 구축되지 않은 우리나라의 현상황에서 HD-FSS와 HD-FS간 공유 간섭 평가연구는 외국의 시스템 특성을 참고하여 수행될 필요가 있다. 앞선 내용에 밝혔듯이 ITU-R WP4-9는 37.5 42.5 GHz 대역에서 이들 시스템간의 공유 간섭 연구에 필요한 각 시스템의 주요 파라미터들을 WP4-9S 연구 보고서로 통해 간략하게 정리하였다.

이러한 주요 시스템 파라미터를 토대로 하여 향후 연구 과제에서는 우리나라의 지상 고밀도 고정업무(HD-FS)와 HD-FSS 시스템간의 정확한 상호 간섭 모델을 구하고 이를 전파 간섭 분석 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통해 보다 구체적인 간섭 영향을 제시하고자 한다.

정확한 상호 간섭 모델을 구하기 위해 우리나라 일반적인 지형 특성 및 도시 지역 특성에 맞는 HD-FS 시스템 구축 특성(링크거리분포, 안테나 앙각 분포 등)을 제시해야 하고, HD-FSS형 시스템의 정지 또는 비정지 위성궤도 특성도 우리나라 특성에 맞게 선택되어져야 하므로 관련 연구가 필요

할 것으로 보인다.

전파 간섭 분석 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통해 보다 정확한 간섭 영향을 파악하려면, 앞에서 제시한 주요 시스템 파라미터 이외에도 소프트웨어자체 내에서 요구하는 다른 파라미터 특성들도 함께 필요하게 되므로 이러한 시뮬레이션에 추가적으로 필요한 시스템 파라미터들을 구하여야 한다. 또한 간섭영향을 평가하기 위한 목적으로 간섭 계산 방법론(Methodology)에 대한 자세한 검토가 수행되어야 할 것이다.

6. 맺음말

본 절에서는 WRC-2003 의제1.25에 따라 HD-FSS의 일반적인 시스템 특성과 HD-FSS용 주파수 분배에 따른 후보 대역들을 ITU-R WP4-9S의 연구활동을 중심으로 살펴보았다. 향후 HD-FSS 시스템의 서비스가 유력한 주파수 후보 대역(37.5 42.5GHz)에서 HD-FS 시스템이 구축·운용되어 있기 때문에 이들간의 공유간섭 문제 연구를 위해 관련 HD-FS 시스템의 운용 현황을 간략히 기술하였다. 특히, 37.5 42.5GHz 대역에서 고정업무(HD-FS 중심)와 고정위성업무간(FSS 중심)간 공유 연구를 위해 관련 시스템의 주요 파라미터와 구축 특성을 정리하였고, 이 대역에서 고정 업무를 보호하기 위한 위성 PFD 제한치를 ITU 권고 초안을 기초로 간략하게 나타내었다.

37.5 42.5GHz 대역 HD-FSS 도입은 WRC-2000에서 미국의 주장이 수용되어 논의되고 있는 바, 제 2지역의 미국과 캐나다는 도입에 찬성하고 있지만 제 1지역의 프랑스와 영국 등은 자국 내의 고정업무 시스템을 보호하기 위해 간섭완화기술을 도입하더라도 HD-FSS와의 공유는 기술적으로 많은 어려움이 있음을 강조, 부정적인 태도를 취하고 있다. 40GHz 대역의 광대역 멀티미디어 서비스 이용이 국제적인 추세인 것에 비춰 볼 때, 현재 WLL 시스템 시험·개발용으로 분배되어 있는 우리나라 40GHz 대역에서의 향후 통신 서비스 지정과 통신 시스템 개발 논의가 요구되고 있는 상황인 동시에, 미국의 HD-FSS 서비스 도입이 이 대역의 우리나라 지상망에 미치는 간섭 영향 연구가 필요할 것으로 보인다.

2002년 4월 SG4 회의에서 기술적 검토가 사실상 완료될 예정이므로,

HD-FSS용 주파수 분배가 우리에게 미치는 영향을 조속히 파악할 필요가 있다. 따라서, 거론되고 있는 후보 대역들의 국제 동향 검토와 함께, 이들 후보 대역들이 우리나라의 통신망에 미치게 될 영향들에 대해 연구되어야 할 것이다. 그러므로 향후 과제에서는 이러한 주파수 공유에 의한 간섭 영향 연구를 위해 우리나라)과 HD-FSS 시스템간의 정확한 상호 간섭 모델을 구하고 전파 간섭 분석 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통해 보다 구체적인 간섭 영향을 제시하고자 한다.

제 2 절 HEO를 이용한 위성시스템의 국제동향 고찰

인류가 인공위성이라는 개념을 구상한 이래 이것을 원거리 통신에 이용하기 위한 연구가 선진국을 비롯하여 세계 여러 나라에서 활발히 이루어지고 있는 현재, 위성통신은 인류의 사회 활동에 있어서 없어서는 안될 중요한 수단으로 자리를 차지하고 있다. 즉, 그것은 획기적인 첨단 통신수단으로서 통신의 이용에만 국한되지 않고 오늘날에는 방송, 기상관측, 항해, 자원탐사, 과학연구 등의 목적으로 그 이용 범위는 광범위하다. 이와 같이 위성에 관한 이용분야가 확대되고 일반화됨에 따라 인류는 제한된 위성궤도 및 주파수 등의 위성분야 자원을 효율적으로 사용해야 한다는 과제에 직면하게 되었다. 따라서 위성 전파자원의 확보는 경제적인 측면과 직결되는 사항으로 선진국은 물론 각국에서는 위성 전파자원의 확보를 위해 전력을 기울이고 있다.

위성 전파자원의 확보와 관련하여 정지궤도 위성의 국제등록이 거의 포화상태에 있기 때문에 국제적으로 비정지궤도 위성 등록이 활발하게 이루어지고 있다. 이런 상황에서 고앙각을 유지할 수 있는 HEO(Highly Elliptical Orbits)에 많은 관심이 집중되고 있다. 그러나 HEO에 관한 명확한 규정이 없으므로 ITU-R에서는 WRC-2003 의제 1.37에 따라 HEO의 규정 및 규제에 관한 논의를 하고 있으며, WP 4A 및 WP 4-9S에서 이에 관한 연구를 수행 중에 있다.

따라서 본 절에서는 ITU-R에서 논의되고 있는 HEO에 관한 연구 진행 사항 및 관련 회의결과를 고찰함으로써 향후 우리나라 위성망 및 지상망의 영향 및 대응 방안의 마련과 아울러 원활한 주파수 자원의 이용이 이루어질 수 있도록 하고자 하였다.

1. ITU-R 연구 동향

비정지 궤도위성 중에서 HEO가 가지는 특성에 의해 국제적으로 이에 대한 관심이 집중되고 있다. HEO를 이용한 위성 시스템은 정지궤도 위성에 비해 고앙각을 유지할 수 있으므로 주위의 건물 등에 의한 신호감쇠를 줄일 수 있으며, 큰 서비스영역을 가진다. 또한 중위도 및 고위도 지방을 커버할 수 있는 장점을 가진다. 현재 HEO를 이용한 위성서비스는 2GHz 대역에서

위성 음성 방송을, 3GHz 이상 대역에서 고정위성업무를 계획 또는 운용 중에 있다. 따라서 HEO를 이용한 FSS (고정위성업무)의 기술적 특성과 지상망과의 공유를 위한 기준 연구의 필요성이 제기되고 있으며, GSO (정지궤도 위성)를 사용하는 위성망에 심각한 영향을 주지 않는 HEO 위성망의 구현을 검토할 필요가 있다. 또한 다른 형태의 비정지 궤도위성과의 공유에 있어 상호간의 간섭을 완화할 기술에 관한 연구가 요구되고 있다.

이에 1998년부터 WP4A에서 HEO의 형태 및 특성 등에 대한 논의가 계속되고 있으며, HEO를 이용하는 위성망과 지상망간의 공유는 WP4-9S에서 논의 중에 있다.

WP 4A는 WRC-2003 의제 1.37에 따른 HEO를 이용하는 위성망의 기술적 규정 및 규제 관련으로 HEO의 기술 규정에 관한 연구를 수행하고 있으며, 연구 수행에 있어 주요 고려 사항은 다음과 같다.

- o HEO를 이용한 위성시스템의 기술적 및 운용 파라미터
- o HEO 위성시스템과 GSO간의 주파수 공유 문제에 있어 RR S22.5-S22.5F에 적용되는 주파수에서의 EPFD(Equivalent Power Flux Density) 제한값
- o HEO 위성시스템과 다른 NGSO (비정지궤도 위성) 시스템간의 주파수 공유 문제
- o HEO 위성 시스템간의 주파수 공유 문제
- o HEO 위성 시스템과 지상망간의 주파수 공유 문제에 있어 RR S21조에 따른 주파수대에서 현존하는 PFD(Power Flux Density) 제한값

위의 주요 의제 관련으로 미국, 프랑스 및 일본 등 선진국을 중심으로 활발하게 연구를 수행하고 있으며, 2002년 11월에 개최되는 WRC-2003 준비회의인 CPM회의에 그 결과를 보고하기 위해 2002년 상반기까지 회의 결과를 도출하기 위한 노력이 집중될 것으로 예상한다.

한편 WP4-9S회의에서는 HEO 위성 시스템과 지상망간의 주파수 공유 문제에 있어 RR S21조에 따른 주파수대에서 현존하는 PFD 제한값에 관한 연구를 주로 수행하고 있다. 또한 WP 4A와 연락문(liaison statement)을 통하여 HEO 관련 연구수행 및 결과에 관한 사항을 공유하고 있다.

HEO를 이용하는 위성 시스템과 지상망간의 공유에 있어 WP4-9S회의에서는 우선적으로 3.7 4.2GHz 대역, 10.7 11.7GHz 대역 및 11.7 12.7GHz 대역에서의 HEO의 PFD 제한값에 관한 고려를 수행 중에 있다.

2. HEO의 정의 및 운용 형태

HEO 궤도형태의 정의에 있어 다음의 세 가지 형태에 대해 논의가 진행되었다.

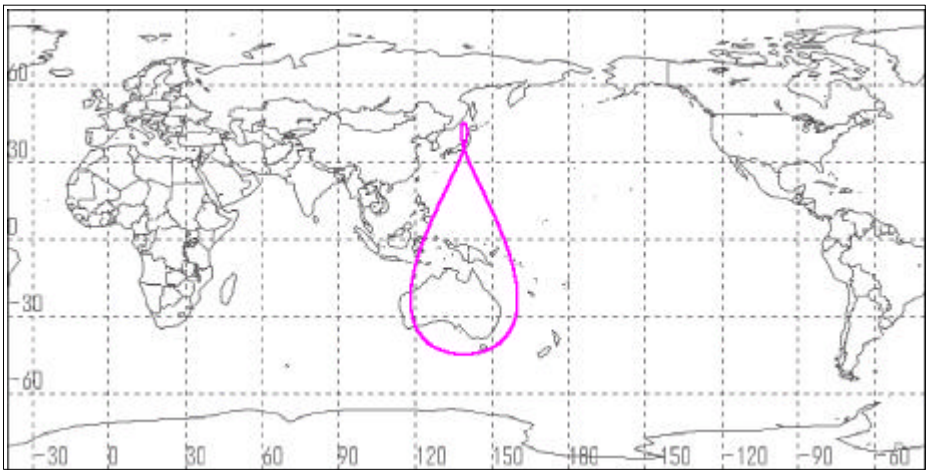
- o 23시간 56분의 궤도주기를 가지며, 경사각이 [20°]보다 큰 지구 동기 타원 궤도
- o 정지궤도의 주기에 비례한 주기(예를 들면 11시간 58분, 5시간 59분 등)를 갖는 준지구동기 궤도로써 경사각이 [20°] 보다 큰 준지구동기 타원 궤도
- o 23시간 56분의 궤도주기를 가지며, 경사각이 [20°] 보다 큰 지구동기 원 궤도 (이 궤도는 큰 경사각에 의해 정지궤도 위성과 차이가 있다)

한편 <표 2.2.1>에서는 WP4A회의에서 논의되고 있는 다양한 HEO 중에서 몇가지 예를 나타내었다.

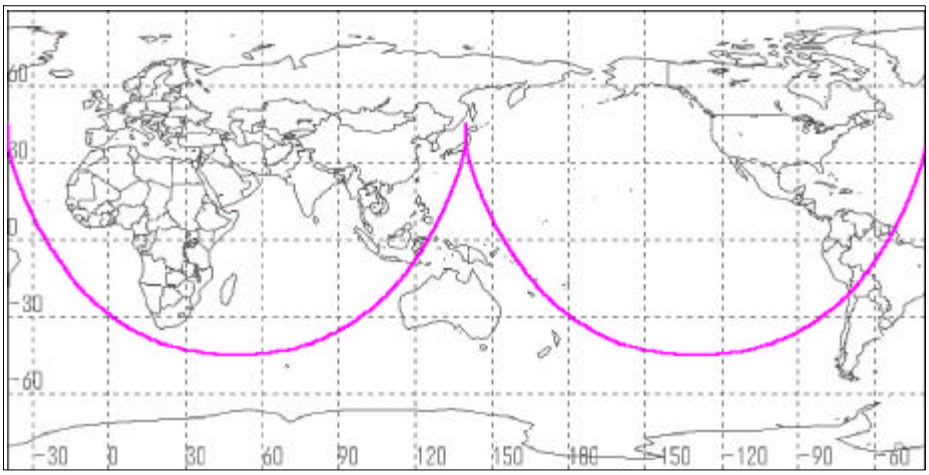
<표 2.2.1> HEO의 궤도 파라미터 예

파라미터	예 1	예 2	예 3
원지점 (km)	52700	약 39000	35800
근지점 (km)	18900	500	35800
이심율	0.4	0.74	0 (원)
궤도 주기	23시간 56분	약 12시간	23시간 56분
경사각	60	63.43	63.4
궤도운용부분	4시간	원지점 부근 약 3.5시간	3시간
위성수	6	7	8

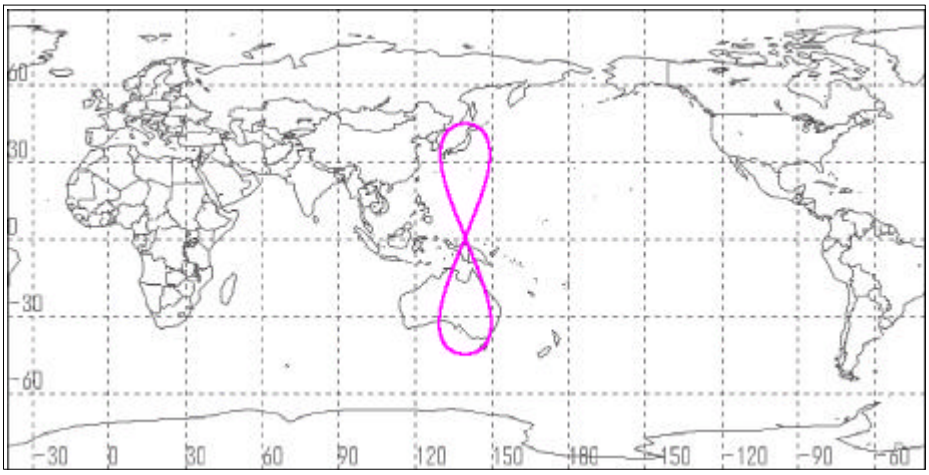
<그림 2.2.1>, <그림 2.2.2> 및 <그림 2.2.3>은 각각 지구동기 타원 궤도, 준지구 동기 타원궤도 (주기 11시간 58분) 및 지구동기 원 궤도의 궤적을 나타내었다.



<그림 2.2.1> 지구동기 타원 궤도의 궤적의 예



<그림 2.2.2> 준지구 동기 타원 궤도 (주기 11시간 58분)의 궤적의 예



<그림 2.2.3> 지구동기 원 궤도의 궤적의 예

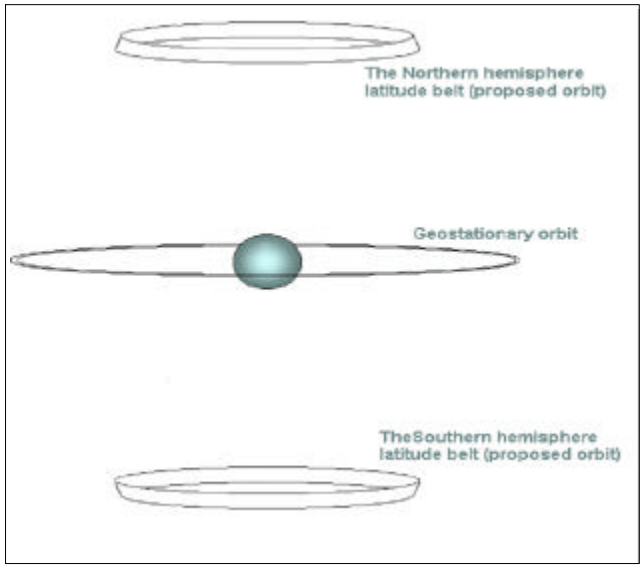
위의 세 가지 궤도들의 주요 특성은 다음과 같다.

- o 궤도주기가 정지궤도위성과 같은 주기(23시간 56분)를 가지거나 또는 정지궤도의 주기에 비례한 주기 (예를 들면 11시간 58분, 5시간 59분 등)를 갖는 준지구 동기 궤도와 같다.
- o 궤도 경사각이 크다.
- o 궤도 이심율은 정지궤도 위성과 같은 주기를 가진 경우 0 0.85 사이이며, 준지구 동기일 경우 이심율은 0.13 0.85 사이이다.
- o HEO를 이용한 위성 시스템은 그 궤도의 특정부분에서 운용된다.

이상의 다양한 HEO의 정의 및 궤도 형태에 관한 논의는 WP 4A회의를 통하여 HEO는 FSS (고정위성업무), MSS (이동위성업무) 및 BSS (방송위성업무)를 포함한 비정지 궤도위성의 하나로 다루기로 하였다. 또한 HEO의 궤도 특성의 고려에 있어 이심율은 최소 0.2이며, 경사각은 35 145°, 원지점은 최소 18,000km인 지구동기 주기를 가지는 궤도특성과 HICGO(Highly Inclined Geosynchronous Orbit)로 정의되는, 경사각이 35 145°인 지구동기궤도 주기를 가지는 원 궤도를 고려하였으며, 일반적으로 HEO라 함은 위의 HEO와 HICGO를 통칭하는 개념으로 사용하기로 하였다.

한편 ITU-R Question 240/4 및 241-1/4에 따른 quasi-geostationary orbit의 특별한 형태로써 HEO를 이용하고자 하는 의견 등으로 ITU-R WP 4A에

서 연구를 수행하고 있다. 러시아와 이스라엘은 Quasi-GSO system과 Quasi-GSO belt에 관한 정의를 포함시킬 것을 요청하였으나, 회의에서 최종 합의에 이르지 못하였다. quasi-GSO system은 지구에서의 관측자 입장의 고정된 위치에서 볼 때 제한된 구역 (창)을 선회하는 HEO 궤도를 이용하는 비정지위성 시스템으로 고정 또는 제한된 이동성을 가지는 지향성 안테나를 지구국으로 사용할 수 있도록 한 것이며, Quasi-GSO belt는 quasi-GSO system 궤도 창의 위치에 따른 우주의 구역을 의미하는 것이다. (<그림 2.2.4> 참조)



<그림 2.2.4> 정지위성 궤도와 북반구 및 남반구의 궤도 belt

이러한 러시아 및 이스라엘의 제안에 대한 합의가 이루어지기 어려웠던 것은 Quasi-GSO 위성 시스템은 특정 비정지궤도 위성시스템을 정지궤도 위성과 유사하게 운용하고자 하는 것으로, Quasi-GSO 위성 시스템을 HEO의 정의에 포함시킬 경우 정지궤도 위성과 동일한 조건으로 HEO를 보호하여야 한다는 주장이 나올 수 있음을 다른 선진국에서 우려한 것으로 판단한다.

3. HEO 위성시스템에 고려되는 위성 업무와 주파수 대역

HEO를 이용한 위성 시스템의 위성 업무와 주파수 대역에 관한 규정 및 규제 절차에 있어서는 다음 사항에 대한 논의가 진행 중에 있다.

가. 3GHz 이하에서의 HEO MSS 시스템

3GHz 이하에서의 MSS로 분배된 주파수 대역에서는 비정지 및 정지궤도 위성 MSS 시스템에 관한 규정을 동일하게 적용하고, 전파규칙 S9.11A에 따라 조정을 수행하고자 하는 의견이 있었으며, 따라서 HEO 시스템의 도입에 따른 규정의 수정을 하지 않는 방안의 논의가 있었다.

나. 1GHZ 이하에서의 HEO BSS 시스템

1GHz 이하에서의 BSS로 분배된 주파수 대역은, 전파규칙 S22.2의 적용에 따라 비정지 위성 시스템을 이용하는 FSS 및 BSS는 정지궤도 위성시스템에 어떠한 유해한 간섭영향을 줄 수 없도록 되어 있으나, 회의를 통하여 S22.2의 적용 대신에 S9.12, S9.12A 및 S9.13의 규정에 따라 조정을 하여 운용토록 하자는 의견이 논의되었다.

다. 1 3GHz 대역에서 BSS(음성)에 분배된 주파수 대역

2,535 2,655MHz 대역에서 BSS(음성)용으로 S5.418에 따라 우리나라를 포함한 9개 국가에 분배되어있다. 2,630 2,655MHz대역은 2000년 6월 3일 이후에 접수된 GSO FSS 또는 BSS 위성망은 S22.2의 규정에 의한 보호를 받지 못하며, S9.12, S9.12A 및 S9.13의 규정에 따라 조정을 하여 운용할 수 있다. 그리고 결의 528 (WARC-92)에 따라 상위 25MHz 대역만을 운용할 수 있도록 하는 규정의 적용에 따라 위의 9개국에 분배된 주파수 대역 중 2,535 2,630MHz 대역은 음성방송용으로는 운용할 수가 없다.

한편 1 3GHz 대역에서 BSS(음성)에 분배된 기타 주파수 대역은 미국을 제외한 전세계 지역에 1,452 1,492MHz 대역과 미국, 인도 및 멕시코에 분

배된 2,310 2,360MHz 대역이 있다. 이들 주파수 대역은 S22.2에 따라 비정지 궤도 위성시스템으로부터 정지궤도 위성 시스템은 보호를 받으며, 1,452 1,467MHz 대역에서의 사용은 결의 528 (WARC-92)에 의해 음성방송용으로는 운용할 수가 없다. 따라서 결의 528에 의해 사용이 제한된 1,452 1,467MHz 대역 및 2,535 2,630MHz 대역은 향후 WRC 회의에서 HEO 시스템으로의 운용을 위한 규정 및 절차가 검토되어야 한다.

WP 4A회의에서는 이미 BSS음성용으로 운용중에 있는 1,467 1,492MHz와 2,310 2,360MHz 대역은 HEO 시스템이 GSO 위성망과 동일한 기준으로 고려가 되어야 하며, 따라서 S9.12, S9.12A 및 S9.13에 따라 조정을 하여 운용할 수 있도록 적절한 기준이 마련되어야 한다는 의견이 있었다.

라. 1 3GHz 대역에서 HEO FSS 또는 HEO BSS(음성 제외) 시스템

1 3GHz 대역에서 FSS 또는 BSS로 분배된 주파수 대역은 제 2지역의 FSS (우주 대 지구) 경우 2,500 2,690MHz이며, 제 3지역 FSS (우주 대 지구)는 2,500 2,535MHz와 2,655 2,690MHz이다. 또한 제 1, 2, 3지역의 BSS의 경우는 2,520 2,670MHz로 분배되어 있다.

위의 분배된 주파수 대역에서는 GSO FSS 및 BSS의 보호를 위하여 2,630 2,655MHz대역에서 S5.418에 기재된 국가를 제외하고 S22.2의 규정에 따라야 한다. FSS와 BSS의 운용을 위하여 S9.21에 따라 조정을 하며, S21에 따른 PFD 제한값을 초과하여 운용할 수 없도록 규정되어 있다.

한편 분배된 주파수 대역에서의 HEO 시스템의 운용에 있어서 S22.2의 규정에 따라야 한다는 의견과 S9.12, S9.12A 및 S9.13에 따라 GSO 위성망과 HEO 시스템간의 조정을 통하여 운용하여야 하며, 이러한 조정을 위한 적절한 기준이 마련되어야 한다는 의견이 논의 중에 있다.

마. RR S22조에 의한 epfd 제한값이 없는 경우 S22.2조의 적용을 위한 3.4GHz 이상 대역에서의 HEO FSS, MSS 및 BSS 시스템

3.4GHz 이상 대역에서의 HEO 시스템 운용을 위하여 허용 간섭레벨에 관한 공유 기준이 마련되어야 함을 일부 국가에서 제안하였다.

바. RR S22조에 의한 epfd 제한값이 있는 경우 S22.2조의 적용을 위한 3.4GHz 이상 대역에서의 HEO FSS, MSS 및 BSS 시스템

두가지 방법에 관한 검토가 수행되고 있으며, 첫 번째 방법은 비정지위성 시스템의 하나로써 HEO 시스템을 다룰 때 기존의 S21 및 S22의 규정을 그대로 적용할 수 있을 것이며, 필요하다면 시스템 특성 또는 특정 주파수 대역에 관한 ITU-R 권고안을 작성하는 방안이다. 한편 두 번째 방법은 HEO 및 GSO 시스템 양자간의 고려에 있어 불확실한 규정을 제거하기 위하여 필요하다면 S22에 신규 전력 제한치를 설정하는 방안이 있다. 각 방법에 관한 장·단점은 각 국에서 지속적으로 검토를 수행 중에 있다.

사. RR S9.11A의 적용을 위한 3.4GHz 이상 대역에서의 HEO FSS, MSS 및 BSS 시스템

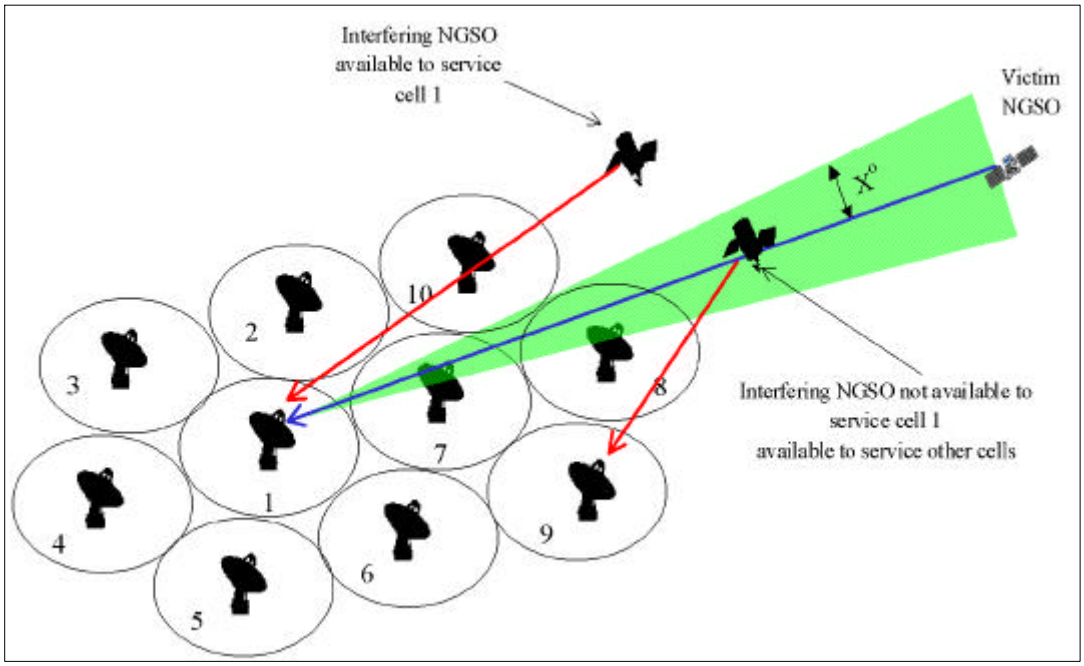
비정지 및 정지궤도 위성 시스템에 관한 규정을 동일하게 적용하고, S9.11A에 따라 조정을 수행하고자 하는 의견에 따라 HEO 시스템의 도입에 따른 규정의 수정을 하지 않는 방안의 논의가 있었다.

4. 위성 시스템간 및 지상망과의 주파수 공유

가. HEO 위성 시스템과 다른 비정지위성 시스템간의 주파수 공유

ITU-R 권고 S.1431에는 10 30GHz 대역에서 FSS용 비정지 위성 시스템간의 공유를 위한 간섭완화 기술이 있으며, HEO가 비정지궤도 위성의 일종으로 분류됨에 따라 권고 S.1431의 기술을 적용할 수도 있을 것이나, HEO라는 특별한 시스템과 비정지궤도 위성 (저궤도 및 중궤도)간의 간섭완화를 위한 연구가 필요하게 된다. 이는 결의 800(WRC-2000)에 따라 HEO를 이용하는 위성시스템의 기술적 기준 및 규정에 관한 연구의 필요성과 아울러 결의 137(WRC-2000)에서의 비정지 위성망간의 조정을 위한 공유 기준의 마련에

따른 조치이다. 따라서 현재까지 네 가지의 간섭완화 방법이 연구되고 있으며, 그 방법들에는 위성 분리 (satellite diversity), 지구국 분리 (earth station site diversity), 위성 선택 전략 (satellite selection strategies) 및 HEO 원지점 회피 (HEO apogee avoidance) 등이 있다.



<그림 2.2.5> 회피 각을 통한 간섭완화 기술 (위성분리)의 예

위성 분리 및 지구국 분리는 가시거리 선상에서 간섭 위성망 및 지구국에 해당하는 것의 송신을 제한하는 것이며, 위성 선택은 HEO의 고앙각을 가지는 위성과 선택적으로 통신함으로써 다른 비정지 궤도 위성과 구별하는 것이다. 또한 HEO 원지점 회피는 정지궤도 위성에서의 방법과 동일한 것으로 원지점 서비스 영역에서의 통신을 제한함으로써 간섭을 완화하는 것이다.

각 방법의 적용에 따른 간섭완화 정도의 검토에 있어 우선 위성 분리 방법은 요구 C/I비를 만족시키기 위한 각도에서 HEO나 MEO 위성 시스템보다는 LEO 위성에 제한을 많이 주는 것으로 평가되었다. 그리고 HEO 원지점 회피 방법은 간섭량을 줄이는데는 효과적이나 HEO 위성시스템 운용시 위도가 35° 이상인 지역에서는 이 기술을 적용하기에는 그다지 효과적이지

못하며, 지구국 분리 기술 또한 간섭을 줄이는데 효과적이나 비정지위성 시스템과 HEO 시스템이 도처에 지구국을 배치한다면 간섭량을 줄이는데 효과적이지 않을 수 있다. 따라서 비정지위성 시스템과 HEO 시스템 중 하나라도 도처에 지구국을 배치하지 않고 지구국간의 분리 거리가 길지 않다면 효과적으로 간섭량을 줄일 수 있다. 한편 대체 위성선택 방법은 HEO 시스템으로부터 LEO 및 MEO 위성시스템에 주는 간섭량을 효과적으로 줄일 수 있으나, 반대의 경우 즉 LEO 및 MEO 위성시스템으로부터 HEO 시스템에 주는 간섭량은 그렇지 아니한 경우가 있다. 이상의 결과에서 하나의 간섭완화 기술을 적용하여 간섭량을 줄이는 것은 큰 효과를 얻을 수 없으므로 두 가지의 방법을 혼용하여 적용하는 것이 더욱 효과적인 것으로 일부 국가에서 보고한 바 있다.

나. HEO 위성 시스템간의 주파수 공유

동일 주파수대에서 다른 형태의 HEO 시스템간의 단기간 간섭량은, HEO 위성 시스템간에 실질적인 운용 궤도가 겹친다면 간섭 허용량을 초과하는 것으로 보고되어 있으므로, HEO 위성시스템간의 주파수 공유를 위해서는 간섭완화 기술의 하나인 위성분리 기술을 이용하여 연구를 수행 중에 있다. 그러나 다양한 형태 및 많은 수를 가지는 HEO 위성 시스템간의 주파수 공유를 위한 연구도 필요하다.

다. HEO를 이용하는 위성 시스템과 지상망간의 공유

HEO를 이용하는 위성 시스템과 지상망간의 공유에 있어 WP4-9S회의에서는 우선적으로 3.7 4.2GHz 대역, 10.7 11.7GHz 대역 및 11.7 12.7GHz 대역에서의 HEO의 PFD 제한값에 관한 연구를 수행하고 있다.

표 2.2.2에서는 HEO 위성용으로 논의되는 주파수 대역에서의 국제 주파수 분배 및 우리나라의 운용 현황을 나타내었다. 우리나라의 경우 3.7 4.2GHz 대역 및 10.7 11.7GHz대역은 실험국과 통신사업자 M/W용으로 운용하고 있다. 그리고 11.7 12.7GHz대역에 있어 실험국용과 무궁화위성 TV방송 및 방송중계용으로 운용중이며, 12.2 12.5GHz대역 및 12.5 12.75GHz대역은 무궁

화위성 서비스로 운용 중에 있다. 따라서 위의 주파수 대역에서 HEO를 이용하는 위성 시스템의 도입에 따른 우리나라의 운용중인 위성업무 및 지상 M/W 등에 간섭영향 분석을 통한 보호가 중요하게 된다.

한편, 현재까지 논의중인 주파수 대역 및 PFD 제한값은 다음과 같다.

우선 3.7 4.2GHz대역(1MHz 당)에서는 다음의 두가지 PFD 제한값 중 하나를 고려하고 있다.

$$\begin{cases} -136 \ \mathrm{dB(W/m^2)} & \theta \le 5^\circ \\ -136 + 0.5(\theta - 5) \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 5^\circ < \theta \le 25^\circ \\ -126 \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 25^\circ < \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

또는

$$\begin{cases} -142 \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 0^\circ \le \theta < 5^\circ \\ -142 + 0.9(\theta - 5) \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 5^\circ \le \theta < 25^\circ \\ -124 \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 25^\circ \le \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

그리고 10.7 11.7GHz대역(1MHz 당)에서는 이하의 기준을 고려하고 있다

$$\begin{cases} [-126] \ \mathrm{dB(W/m^2)} & \theta \le 5^\circ \\ [-126] + 0.5(\theta - 5) \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 5^\circ < \theta \le 25^\circ \\ [-116] \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 25^\circ < \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

또한 11.7 12.7GHz대역(1MHz 당) 에서는 이하의 기준을 고려하고 있다

$$\begin{cases} [-124] \ \mathrm{dB(W/m^2)} & \theta \le 5^\circ \\ [-124] + 0.5(\theta - 5) \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 5^\circ < \theta \le 25^\circ \\ [-114] \ \mathrm{dB(W/m^2)} & 25^\circ < \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

여기서 θ는 수평면에서 전파의 도달각이다.

<표 2.2.2> 국제 주파수 분배 현황

국 제			우리나라	
제1지역	제2지역	제3지역	주파수대별 분배	용도 등
3600-4200 **고정** **고정위성(우주대지구)** **이동**	3700-4200 **고정** **고정위성(우주대지구)** **이동(항공이동 제외)**		3700-4200 **고정** **고정위성(우주대지구)**	**실험국용** K30 (**별표** 5-4) **통신사업자** M/W K151A
10.7-11.7 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.441 S5.484A **(지구대우주)**S5.484 **이동(항공이동제외)**	10.7-11.7 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.441 S5.484A **이동(항공이동제외)**	10.7-11.7 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.441 S5.484A **이동(항공이동제외)**	10.7-11.7 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.441 S5.484A **이동(항공이동제외)**	**통신사업자** M/W K151A **실험국용** K30 (**별표** 5-4)
11.7-12.5 **고정** **방송** **방송위성** **이동(항공이동제외)** S5.487 S5.487A S5.492	11.7-12.1 **고정** S5.486 **고정위성(우주대지구)** S5.484A **이동(항공이동 제외)** S5.485 S5.488 12.1-12.2 **고정위성(우주대지구)** S5.484A S5.485 S5.488 S5.489	11.7-12.2 **고정** **이동(항공이동 제외)** **방송** **방송위성** S5.487 S5.487A S5.492	11.7-12.2 **고정** **방송** **방송위성** S5.487 S5.487A S5.492	**실험국용** K30 (**별표** 5-4) **무궁화위성** TV**방송용** (**별표** 1-4) **방송중계** K151
12.5-12.75 **고정위성** **(우주대지구)**S5.484A **(지구대우주)** S5.494 S5.495 S5.496	12.2-12.7 **고정** **이동(항공이동 제외)** **방송** **방송위성** S5.487A S5.488 S5.490 S5.492	12.2-12.5 **고정** **이동(항공이동 제외)** **방송** S5.484A S5.487 S5.491 12.5-12.75 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.484A **이동(항공이동 제외)** **방송위성** S5.493	12.2-12.5 **고정** **고정위성(우주대지구)** S5.487 S5.491 12.5-12.75 **고정** **고정위성(우주대지구)** **이동(항공이동 제외)** **방송위성** S5.493	**무궁화위성서비스** K151B **무궁화위성서비스** K151B

<표 2.2.3> PFD 제한값의 비교

주파수대 (GHz)	업 무	RR S21-4 기준값 (도달각(θ), dB(W/m²))			HEO 시스템 기준값 (도달각(θ), dB(W/m²))			기 준 대역폭
		0 5	5 25	25 90	0 5	5 25	25 90	
3.7 4.2	고정위성 이동위성	-128	-128 + 0.75(θ-5)	-118	-136	-136+0.5(θ-5)	-126	1MHz
					-142	-142+0.9(θ-5)	-124	
10.7 11.7 (비정지)	고정위성	-126	-126 + 0.5(θ-5)	-116	-126	-126 + 0.5(θ-5)	-116	1MHz
11.7 12.7 (비정지)	고정위성	-124	-124 + 0.5(θ-5)	-114	-124	-124 + 0.5(θ-5)	-114	1MHz

※ 3.7 4.2GHz대역에서 RR S21-4의 기준값은, RR에서는 기준 대역폭이 4kHz로 되어 있으나, 표에서 비교를 위해 기준 대역폭을 1MHz로 환산하여 나타내었음

<표 2.2.3>에서 나타내었듯이 HEO 시스템의 경우 10.7 11.7GHz대역 및 11.7 12.7GHz대역은 기존의 RR S21-4의 기준을 그대로 적용하였으나, 3.7 4.2GHz대역에서는 RR의 기준값보다 강화하여 적용하고 있다. 이는 3.7 4.2GHz대역에서 운용중인 FS 시스템이 상대적으로 간섭에 민감하고 또한 보호 기준을 설정시에 최악의 조건을 고려하여 분석한 결과라 볼 수 있다.

한편 HEO FSS와 FS 시스템간의 조정영역 결정을 위해 RR 부록 S7이 적용될 수 있으며, FS 시스템으로부터 HEO FSS 우주국을 보호하기 위해 RR S21.3 및 S21.5가 적용될 수 있음을 회의에서 지적하였다.

향후에는 우리나라의 운용중인 지상망 제원을 적용하여 간섭영향을 분석할 필요가 있다.

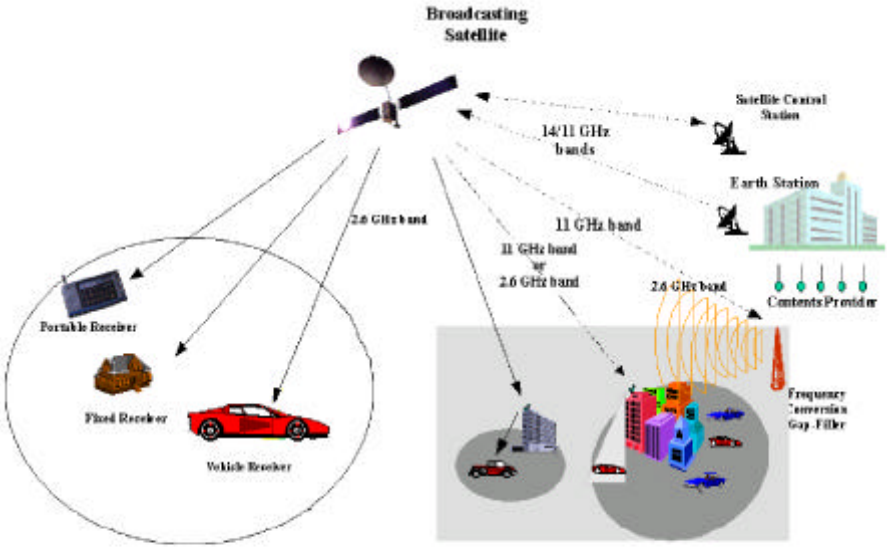
5. 위성 DAB (Digital Audio Broadcasting) 서비스의 도입

위성 음성방송서비스를 위한 비정지궤도 위성으로 HEO를 이용하고자 하는 의견과 함께 2,630 2,655MHz 대역이 WRC-2000회의에서 IMT-2000 추가 주파수 대역인 2,500 2,690MHz대역에 포함됨에 따라 두 업무간의 공유

연구가 중요하게 대두되었다. WRC-2000회의에서는 결의 539를 통하여 2,630 2,655MHz 대역에서의 비정지궤도 방송위성업무 (음성)를 위한 제한값에 관한 검토를 WRC-2003회의 의제 1.34로 채택하여 연구를 수행 중에 있다.

가. 위성 DAB의 개요 및 특성

위성 DAB는 휴대 이동방송 서비스 및 교통정보, 자동차 네비게이션 정보, 날씨 정보 등 다양한 디지털 멀티미디어 서비스 제공하고자 하는 것이다. 또한 이동 차량 위주로 서비스를 제공함에 따라 위성체는 높은 출력이 요구되며, Multi-path, blocking, shadowing, fading 등의 영향을 최소화하기 위한 방안으로 지상 리피터를 설치하여 운용하는 것이 일반적이다. 그림 2.2.6에서 위성 DAB 서비스를 위한 시스템의 개략도를 나타내었다.



<그림 2.2.6> 위성 DAB 시스템 개략도

나. 위성 DAB 주파수 분배 현황

WARC-92회의에서 위성 DAB용 주파수를 분배하였으며, 1452 1492MHz 대역에서 미국을 제외한 전세계에 1차 업무로 분배하였으나, 유럽 및 아프리

카의 20여개 국가는 2007년 4월1일까지 2차 업무로 분배하였다. 또한 2310 2360MHz 대역은 미국, 인도 및 멕시코 등 3개국에, 그리고 2535 2655MHz 대역에서는 우리나라를 포함한 12개국에 위성 DAB용으로 분배하였다.

한편 WRC-2000회의에서는 2310 2360MHz 대역에서 위성 DAB를 분배한 미국, 인도, 멕시코는 결의 528에 규정된 상위 25MHz대역의 사용을 적용하지 않는다는 내용으로 주석 (S5.393)을 수정함에 따라 50MHz 전 대역을 사용하게 되었다. 2535 2655MHz 대역에서는 중국, 러시아, 우크라이나는 자국의 이름을 주석 (S5.418)에서 삭제하였으며, 2630 2655MHz 대역에서 일부 아시아 지역에 HEO를 포함한 비정지궤도 위성 도입이 결정되어 결의 539 (WRC-2000)에 따라 Provisional PFD limit을 적용하고, WRC-2003에서 최종 결정하기로 하였다. 한편 WRC-2000회의에서 IMT-2000용 추가 주파수대역으로 806 960MHz, 1710 1885MHz 및 2500 2690MHz 대역을 분배함에 따라 위성 DAB용 주파수 대역인 2535 2655MHz 대역이 IMT-2000용 추가 주파수 대역에 포함되어 두 업무간의 공유를 위한 연구가 요구되고 있으나, 전세계적으로 2500 2690MHz 대역은 이미 지상업무 및 방송업무용으로 운용중인 국가가 많음에 따라, 이 대역에서의 위성 DAB 및 IMT-2000 서비스를 위한 다른 업무와의 주파수 공유는 여러 국가에서 현실적으로 어려움을 겪고 있는 실정이다.

다. 우리나라 주파수 분배 현황 및 대응 방안

우리나라의 경우 WARC-92에서 분배한 위성 DAB용 주파수 대역 중 1452 2360MHz 대역에서는 위성 DAB용 주파수의 이용 계획이 없으나, 2535 2655MHz 대역에 위성 DAB용 주파수를 분배하였으며, 현재 MMDS (Multi-channel Multi-point distribution System)용으로 사용되고 있다. 그러나 정보통신부 공고 제1997-50호 (무선CATV 전송용 주파수 분배, 1997. 4. 9)에 의해 MMDS 아날로그에서 디지털로 전환시 기할당된 20개 채널 120MHz를 반납하고 10개 채널 60MHz를 디지털용으로 지정받아 사용하여야 하며, 위성 DAB 도입시 소요량(최대 10개 채널 60MHz)을 즉시 반납하도록 하고 있다. 또한 위성 DAB 도입에 따라 채널 주파수 변경을 지정할 경우 순응해야 하며, 향후 도입될 위성 DAB로부터 혼신을 보호받지 못하며, 위성 DAB

에 대해 혼신을 야기 시켜서는 안되도록 규정하고 있다.

따라서 국내적으로 2535 2655MHz 대역에서 위성 DAB 서비스를 제공할 시에 다른나라의 HEO를 이용한 위성 DAB서비스와의 주파수 공유에 관한 연구 수행이 요구되고 있다. 그러므로 ITU-R의 관련 연구 동향의 파악과 아울러 우리나라의 원활한 위성 DAB 운용 및 IMT-2000 서비스를 제공하기 위한 간섭분석을 통한 공유 연구가 이루어 질 수 있어야 할 것이다.

6. HEO 위성시스템 도입에 따른 주요 국가 및 국제 기구 등의 입장

ITU-R의 WP4A, WP4-9S 및 APT회의를 통한 주요 국가 및 국제 기구의 입장은 다음과 같다. 우선 일본의 경우 정지궤도의 사용밀도가 높아지고 있는 현실에서 그 대안의 하나로 타원궤도를 이용하는 위성망의 도입에 대한 연구가 필요하다는 기본 입장을 밝히고 있다. 호주는 정지궤도에 대한 부담을 줄이기 위해서 타원궤도를 이용하는 방안 등의 주파수 사용 효율을 높일 수 있는 새로운 기술의 도입을 적극 지지하며, 이러한 새로운 기술의 도입은 현재 운용중이거나 계획중인 정지궤도 위성망에 어떠한 영향도 주어서는 안된다는 입장을 나타내고 있다.

미국의 경우 타원궤도를 이용하는 위성망 역시 원형궤도를 이용하는 중궤도(MEO), 저궤도(LEO) 위성망과 동일한 비정지궤도 위성망의 일종으로 간주하여야 하며, 그 적용규정도 같아야 함을 제시하였다. 또한 타원궤도 위성망과 정지궤도 위성망 간의 공유문제는 WRC-2000에서 그 간섭기준이 도입되지 않은 주파수 대역을 중점으로 하여 진행되어야 하며, 정지궤도 고정위성업무 및 방송위성업무를 충분히 보호하여야 하며, 타원궤도 위성망에 대한 규정은 권고서를 통하는 것이 바람직하며 전파규칙에 타원궤도 위성망을 특별히 고려하는 정의를 포함하는 것에는 반대하는 입장을 밝히고 있다.

INTELSAT은 타원궤도를 이용하는 고정위성업무는 비정지궤도 위성시스템의 일종으로 보아야 하며, 따라서 전파규칙 S22조에서 정하고 있는 간섭기준을 준수하여야 함을 제시하고, 6/4GHz 대역에의 타원궤도 위성망 도입은 동의할 수 없다는 입장을 나타내었다.

우리나라가 포함된 아·태 지역의 공동의견을 수렴하기 위한 APT회의에

서는 정지궤도의 고갈에 따른 대안으로 타원궤도를 이용하는 방안 등에 대한 연구에 동의하며, 현재 운용중이거나 계획중인 정지궤도 위성망이 타원궤도 위성망에 대해 우선적으로 보호를 받아야 한다는 의견이 있었다. 그리고 타원궤도를 이용하는 위성망의 도입이 정지궤도 자원 한계의 극복을 위한 대안으로 유용하며, 현재 운용중이거나 계획중인 정지궤도 위성망에 미치는 영향에 관한 연구를 포함한 ITU-R의 연구를 계속적으로 주목하며 적극 참여하기로 하였다.

7. HEO의 도입에 따른 우리나라의 영향 및 대응

국제적으로 HEO를 이용한 위성 시스템의 운용에 관심이 집중되고 있는 상황에서, 우리나라와 인접한 일본이 이러한 위성 시스템의 이용을 적극적으로 검토하고 있는 것은 주지할 필요가 있다. 이에 HEO의 도입에 따른 ITU의 연구 수행에 있어 우리나라는 운용중인 위성망 및 지상망의 보호를 위하여 HEO 위성과 정지 위성 및 지상망간의 주파수 공유에 관한 연구가 선행되어야 한다는 의견을 APT회의를 통하여 제안하여 우리나라의 입장을 적극 제시한 바 있다.

한편 WRC-2000회의에서는 결의 539를 통하여 특정 제3지역 국가의 2630 2655MHz 대역에서의 비정지궤도 방송위성업무(음성)의 사용에 관한 연구 수행을 결의하였다. 또한 IMT-2000 서비스를 위한 추가 주파수 대역으로 2500 2690MHz 대역을 지정함에 따라 WRC-2003 의제 1.34에서는 두 업무간의 주파수 공유에 관한 연구를 활발히 수행하고 있다. 우리나라의 경우 2535 2655MHz 대역을 위성 DAB 서비스용으로 분배하고 있기 때문에 다른나라의 비정지궤도 위성을 이용한 음성방송과의 주파수 공유 연구가 요구되고 있으며, 또한 향후 도입될 IMT-2000 서비스의 원활한 운용을 위한 비정지 궤도 위성의 PFD 제한치 등의 공유 연구도 아울러 수행되어야 할 것이다. 따라서 HEO 위성 시스템을 이용한 위성 업무와 지상망간의 공유 연구가 중요하게 되며, 가까운 시일내에 우리나라의 위성망 및 지상망의 제원을 이용한 영향 검토가 정량적으로 이루어져야 할 것이다.

향후에는 ITU-R WP 4A 및 WP 4-9S 회의에서 우리나라 입장 제시 및

대응방안을 마련하는 노력이 필요할 것이다. 또한 다른나라의 HEO 위성 운용에 따른 우리나라의 운용중인 위성망 및 지상망을 보호하기 위한 적절한 규제 및 기술적 사항의 검토가 필요하다.

8. 결론

한정된 위성 전파자원의 확보와 관련하여 정지궤도 위성의 국제등록이 거의 포화상태에 있기 때문에 국제적으로 비정지궤도 위성에 관한 관심이 증대되고 있는 상황이다. 본 절에서는 ITU-R의 위성 연구반 회의를 중심으로 비정지위성 시스템의 하나인 HEO의 도입을 위한 기술적, 규제적인 면과 다른나라의 HEO를 이용한 위성 DAB 서비스의 운용에 따른 주파수 분배 현황 등을 살펴보았다.

우리나라의 경우 무궁화 위성을 이용하여 위성통신 및 방송서비스 중에 있으며 계속적인 신규 위성 및 위성 서비스의 도입이 예상되므로 HEO 위성 시스템의 도입에 따른 영향 평가 및 대응방안 마련이 중요하게 된다. 이를 위해 지속적인 관련 회의 참석을 통한 우리나라 입장 제시가 중요하며, HEO 위성시스템의 운용에 따른 위성망 및 지상망의 간섭영향 평가로 우리나라의 위성망 및 지상망이 원활하게 운용될 수 있도록 하여야 할 것이다.

제 3 장 우리나라 위성망 보호방안 연구

제 1 절 등가전력속밀도(EPFD) 연속곡선 연구

1. 개요

정지궤도 고정위성업무(GSO/FSS)에 사용되던 Ku, Ka대역에서 SkyBridge, Teledesic과 같은 비정지궤도위성(non-GSO)을 이용한 초고속 멀티미디어 서비스의 상용화를 위하여 1995년도 세계전파통신회의(WRC-95)에서 비정지위성 고정위성업무(non-GSO/FSS)의 상/하향 링크와 이동위성업무(MSS)의 피더링크에 주파수를 분배하여 일부 Ka 대역에서 고정가입자에게 광대역 멀티미디어 서비스를 할 수 있도록 하였다.

WRC-97,-2000에서 Ku 및 Ka 대역에서 GSO와 non-GSO 위성망간의 고정위성업무(FSS) 공유 기반을 마련하기 위하여 ITU 전파규칙 S22조에 일부 지구국 안테나 직경에 대하여 non-GSO 시스템의 등가전력속밀도(EPFD, Equivalent Power Flux-density)를 제한하였으며, 우리나라 무궁화 위성의 3.7m 안테나와 같이 전파규칙에서 정하고 있지 않은 안테나 크기에 대한 EPFD 제한값이 필요함을 인식하게 되었다. WRC-97(결의130)에서는 전파규칙에 정하고 있는 안테나 크기에 대한 제한값 외에 모든 안테나에 적용할 수 있는 EPFD 값을 도출하기 위한 방법을 개발하기로 결의하였으며, EPFD 연속곡선에 대한 연구가 이루어지고 있다.

우리는 비정지궤도 위성과 정지궤도 위성 공유 방안 연구의 일환으로 전년도에는 연속곡선 유도방법을 분석하였으며, 비정지 위성시스템으로부터 우리나라 정지궤도의 위성망을 보호하기 위해 직선법을 이용하여 도출한 EPFD 제한값을 적용하여 간섭영향을 분석하였다. 당해 년도에는 ITU에서 논의되고 있는 EPFD 제한값을 유도할 수 있는 여러 가지 방법을 비교 분석하였으며 효과적인 제한값을 유도할 수 있는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

2. 전파규칙의 등가전력속밀도(EPFD) 정의 및 제한값

WRC-2000 회의에서는 특정 Ku와 Ka 대역에서 비정지 위성시스템과 정지 위성망의 공유기준을 채택하여 전파규칙 S22조의 EPFD 정의, EPFD 제한값, 정지궤도 위성 지구국의 Off-axis eirp의 기술적 조건을 개정하였다.

WRC-2000 회의에서 개정한 EPFD 정의와 EPFD 제한값을 다음과 같이 요약하였다.

$$epfd = 10 \log_{10}\left[\sum_{i=1}^{N_a} 10^{\frac{P_i}{10}} \frac{G_i(\theta_i)}{4\pi d_i^2} \frac{G_r(\theta_i)}{G_{r,\max}}\right] \quad (3.1.1)$$

N_a : 지상 또는 정지궤도 위성망의 수신국으로부터 보이는 비정지궤도 위성시스템 송신국의 수(number)

i : 비정지궤도 위성시스템에서 고려되는 송신국의 지수(index)

P_i : 비정지 위성시스템의 기준 대역폭에서 고려되는 송신국 안테나의 RF 입력 전력(dBW)

θ_i : 비정지궤도 위성시스템의 boresight과 정지궤도 위성망의 수신국 방향 사이의 축 이탈 각(off-axis angle)

$G_i(\theta_i)$: 비정지궤도 위성시스템에서 정지궤도 위성망의 수신국 방향에 고려되는 기지국의 송신 안테나 이득(비)

d_i : 비정지궤도 위성시스템의 송신국과 정지궤도 위성망의 수신국 사이의 거리(m)

ϕ_i : 비정지궤도 위성시스템에서 고려된 i번째 송신국 방향과 정지궤도 위성망의 수신국 안테나의 boresight 사이의 축 이탈 각(off-axis angle)

$G_r(\phi_i)$: 비정지궤도 위성시스템에서 고려된 i번째 송신국 방향에서 정지궤도 위성망의 수신국의 안테나 이득(비)

$G_{r,\max}$: 정지궤도 수신국 안테나의 최대 이득(비)

$epfd$: 기준대역폭에서 계산된 epfd(dB(W/m^2))

WRC-2000 결과를 반영하여 ITU 전파규칙 S22조에 정하고 있는 비정지 위성시스템의 EPFD 제한값은 EPFD↓, EPFD↑, EPFD$_{is}$, 운용 또는 추가운용 EPFD로 구분할 수 있으며, 주파수 대역에 따라 아래와 같이 분류하였다.

o EPFD↓ **허용제한값**

(non-GSO **시스템의 우주국으로부터 지표상의** GSO **수신 지구국에의** EPFD **제한값**)

- 10.7 12.75GHz, GSO FSS **수신 지구국 안테나**(60cm, 1.2m, 3m, 10m)
- 17.8 18.6GHz, GSO FSS **수신 지구국 안테나**(1m, 2m, 5m)
- 19.7 20.2GHz, GSO FSS **수신 지구국 안테나**(70cm, 90cm, 2.5m, 5m)
- 11.7 12.75GHz, GSO BSS **수신 지구국 안테나**(30, 45,60, 90, 120, 180, 240, 300cm)

o EPFD↑ **허용제한값**

(non-GSO **시스템의 지구국으로부터** GSO **수신 우주국에의** EPFD **제한값**)

- 10.7 12.75GHz, 12.75 13.25GHz, 13.75 14.5GHz
- 17.3 18.1GHz
- 27.5 28.6GHz
- 29.5 30.0GHz

o $EPFD_{is}$ **허용 제한값**

(non-GSO **시스템의 우주국으로부터** GSO **수신 우주국에의** EPFD **제한값**)

o EPFD **운용 또는 추가운용 제한값**

EPFD↓, EPFD↑, $EPFD_{is}$ **제한값은** 1997. 11. 22 **이후에 완전한 조정자료 또는 통고자료를 제출한 비정지 고정위성업무용 시스템에 반드시 적용하여야 하고, 또한** non-GSO FSS **시스템의 운용 또는 추가운용** EPFD **제한 기준은** 1997**년** 11**월** 22**일 이전에 완전한 조정자료 또는 통고자료를 제출한 고정위성업무용 비정지 위성시스템에는 적용하지 않는다.**

만약 비정지 고정위성업무 시스템이 정지위성망에 대해 EPFD↓, EPFD↑, $EPFD_{is}$ **제한 기준을 만족하고 운용중인 정지궤도 고정위성업무용 지구국에 대해 운용 또는 추가운용 기준을 만족하는 경우 전파규칙의 규정을 만족하는 것으로 간주한다.**

결과적으로 해당 주관청의 동의가 없으면, 위의 EPFD **제한값을 만족하지 않는 경우에는 전파규칙** S22.2**의 규정을 만족하는 것으로 보지 않는다.**

3. 연속곡선 유도방법

가. 연속곡선 유도방법 소개

앞에서 언급한 EPFD↓ 허용 제한값에서 보듯이 몇몇 크기의 GSO 지구국 안테나에 대해서만 EPFD 제한값이 S22에 명시되어 있다. ITU-R WP4A에서는 다양한 크기의 지구국 안테나에 대한 EPFD 연속곡선을 도출하기 위한 연구가 활발히 진행되었으며, 미국 및 우리나라, 프랑스, 영국, 일본 등에 의해 제출된 5가지 방법이 기고되어 검토되었다.

(1) 방법A : EPFD↓ 허용제한값의 연속곡선 적용방법

현재 운용중인 위성들의 제원을 분석하여 통계적 방법을 이용하여 연속곡선 함수를 도출하는 방법으로 다음과 같은 식을 이용하여 EPFD↓값을 계산할 수 있다.

$$EPFD_{down} = -179.77 - 19.16 \log D + \frac{15.114 + 4.794D}{1 + \exp\left[\frac{0.7042 + \log p + 0.159D}{1.948 - \frac{1}{0.5976 + (\log D - 0.263)^2}}\right]} \qquad (3.1.2)$$

$$EPFD_{down} - EPFD_0 = -160.0$$

$$EPFD_{down} - EPFD_{100} = \begin{cases} -180.18 - 21.53 \log D, & D < 3.0m \\ -185.89 - 9.562 \log D, & D \geq 3.0m \end{cases}$$

p ; 초과될 수 있는 $EPFD_{down}$ 시간율

D ; 안테나 직경(m)

$EPFD_0$; 언제든 초과될 수 없는 $EPFD_{down}$ 값

$EPFD_{100}$; 언제든 초과될 수 있는 $EPFD_{down}$ 값

(2) 방법B : 보간법(Interpolation)

전파규칙에 있는 안테나 크기에 대한 EPFD 제한값을, 주어진 시간율에 대해 y축은 EPFD에 대해서 선형(linear) 스케일로, x축은 안테나 직경에 대해서 대수(logarithmic) 스케일로 하여 표시한 후 이러한 값을 직선으로 연결하여 구한다. 이 방법을 이용하여 무궁화 위성의 CATV 캐리어(3.7m)에 대한 제한값을 구하였으며, 그 결과를 2000년 ITU에 기고하여 ITU-R 권고(안) 작업에 반영되었다.(ITU-R WP 4A 기고문 Doc. 476 참조)

(3) 방법C : 제한값 SCALING

EPFD 제한값이 장기간섭(long-term)에서는 Power addition 성분과, 단기간섭(short-term)에서는 Time shifting 성분과 일치하는 EPFD 분포 특성을 이용하여 새로운 안테나 직경에 대한 EPFD 연속곡선을 도출하는 방법이다.

o Power addition : 같은 시간율에 대한 EPFD값에 $10*\log((D_{ref}/D)^2)$을 더함
o Time shifting : 같은 EPFD값에 대한 시간율에 $(Dref/D)^2$을 곱함

(4) 방법D : Constant Io/No

위성망의 간섭 시나리오 중 장기간섭 부분에서 Io/No값이 일정하게 유지되는 특성을 이용하여 EPFD 값을 도출하는 방법으로 제안되었었으나, 실제로는 Io/No값은 일정하게 유지하기 어려움으로 이 방법으로 EPFD 제한값을 도출한다는 것은 비현실적이다.

(5) 방법E : 추가운용 제한값에 따른 연속곡선

ITU-R 연구결과 단기간섭에서는 Aggregation이 일어나지 않는다는 결론이 나옴에 따라서 Single-entry의 값을 적용할 수 있는 다음 방법이 제안되었다.

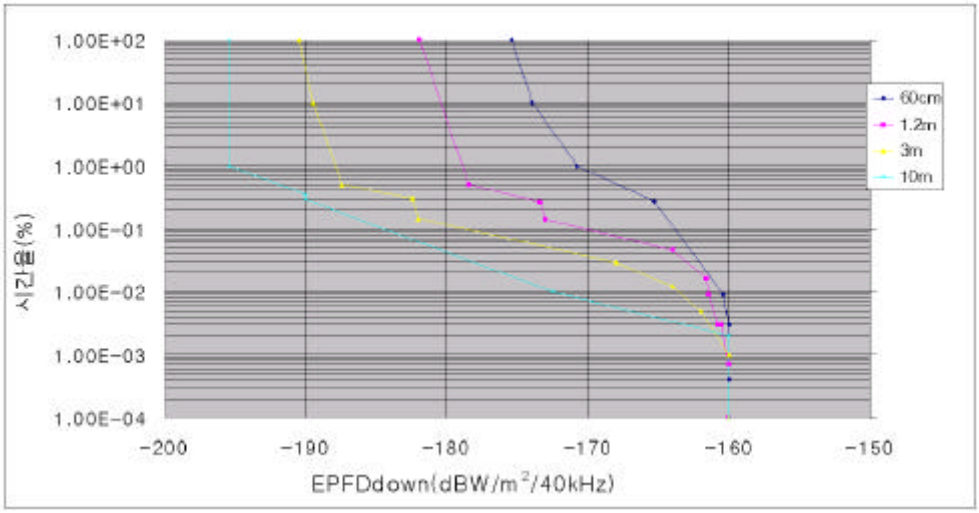
$$P=(0.045+0.027*D)*(epfd_{max}-epfd)/(7*D^2) \qquad (3.1.3)$$

P : 시간율, $epfd_{max}$: 최대 epfd값, D : 안테나 직경

나. 연속곡선 유도방법 비교분석

우리는 앞에서 제시된 5가지 방법들을 비교, 분석한 결과(ITU-R WP 4A 기고문 Doc. 182)를 ITU-R WP 4A에 제출하였으며 그 내용을 간략하게 설명한다.

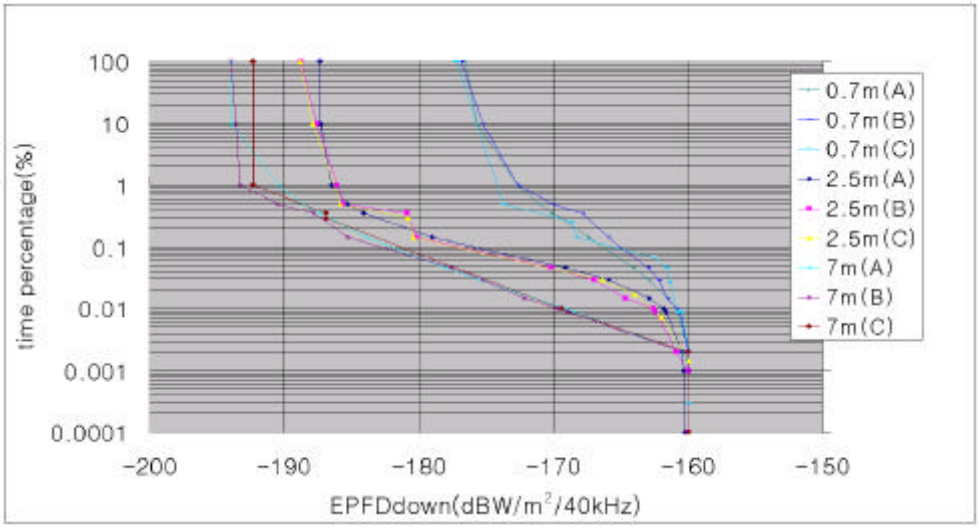
다음 <그림 3.1.1>은 전파규칙 S22조 표 S22-1A의 주파수 대역 10.7 12.75GHz에 대한 허용제한값 그래프이다. 전파규칙 표 S22-1A에서는 <그림 3.1.1> 그래프에서와 같이 0.6, 1.2, 3, 10m에 대한 제한값만이 규정되어 있으며, 정지궤도 위성망 고정위성업무 설계자들이 위성망을 설계하기 위해서는 다른 크기의 안테나 직경에 대한 제한값도 필요하다. <그림 3.1.2>는 <그림 3.1.1>의 허용제한값으로부터 0.7, 2.5, 7m에 대해 방법A, B, C를 이용하여 EPFD 제한값을 유도한 그래프이다.



<그림 3.1.1> 전파규칙 S22조 표 S22-1A의 주파수 대역 10.7 12.75GHz에 대한 허용제한값

『방법 A』에 대한 연속곡선은 단순히 주어진 식에 의해 그려진 것이며, 『방법 B』의 0.7m, 2.5m, 7m에 대한 연속곡선은 <그림 3.1.1>의 허용제한

값 0.6m와 1.2m, 1.2m와 3m, 3m와 10m 사이를 보간(interpolating)하여 얻어진 것이다. 『방법 C』의 0.7m, 2.5m, 7m에 대한 연속곡선은 <그림 3.1.1>의 1.2m, 3m, 10m 곡선으로부터 단기간섭(short-term) 구간에 대한 Time shifting 성분과 장기간섭(long-term) 구간에 대한 Power addition 성분을 결합하여 얻어진 것이다.



<그림 3.1.2> Ku대역에서 방법 A,B,C에 따라 0.7, 2.5, 7m 안테나 크기에 대한 제한값

<그림 3.1.2>의 3가지 방법에 의한 연속곡선 결과는 큰 안테나 및 단기간섭(short-term) 구간에 대해서는 3가지 방법에 대한 EPFD 제한값이 거의 유사하게 나타나며, 작은 안테나 및 장기간섭(long-term) 구간에서는 방법간에 다소 차이가 있음을 알 수 있다. 이와 같이 다양한 방법론에 의해서 도출된 EPFD 값들이 서로 다르므로 정지궤도 위성망 설계자들이 어떤 값을 기준값으로 이용해야 할 지 알 수 없게 된다. 따라서 좀 더 연구를 하여 단일값을 제시할 필요가 있다.

허용 제한값이 특정 안테나 크기에 대해 검토되었으나, 정지궤도 위성망 설계자는 실제로 운용중인 비정지 시스템으로부터의 간섭 가능성을 고려해야 할 것이다. 따라서 비정지시스템의 운용 제한값은 허용 제한값보다 더 유용할 것이다. 『방법 E』는 (추가)운용 제한값에 대해 다루었으며 더 실질적인 것이며 운용 제한값을 위한 더 세부적인 연구가 이루어져야 한다.

4. 최근 연구동향

2001년 4월과 10월 개최된 WP 4A 회의에서는 앞에서 검토한 다양한 방법을 하나로 통일하는 EPFD 연속곡선에 관한 권고안(DNR)이 작성되었다. 또한, 방송위성관련 EPFD 연속곡선을 도출할 수 있는 방안을 마련하여 부록 2와 같이 Working Party 6S에 연락문을 보냈다.

가. EPFD 연속곡선에 대한 권고안(Draft New Recommendation)

2001년 10월에 개최된 WP 4A 회의 결과 작성된 권고안은 GSO/FSS 지구국 안테나 직경에 대한 EPFD↓과 GSO/FSS 우주국 안테나 빔폭에 대한 EPFD↑의 두 가지 경우의 연속곡선에 대해 기술하였다.

본문에 포함된 새로 작성된 그래프와 같이 EPFD↑에 대한 알고리즘의 재평가가 수행되었다.

현재 ITU에서 검토되고 있는 연속곡선에 대해 살펴보면

- o 11 14 GHz 와 20 30 GHz 주파수 대역에서 정지와 비정지 위성들을 이용하는 고정위성업무(fixed-satellite service) 시스템에서 이용할 수 있고,
- o 정지위성을 이용하는 고정위성업무의 지구국은 공유 주파수 대역에서 비정지 위성에서 송신하는 unacceptable interference로부터 보호되어야 하며,
- o 간섭으로부터 보호하기 위하여, WRC-2000에서는 어떤 주파수 대역에서 비정지 위성이 특정 크기의 지구국 안테나에 대해 복사할 수 있는 최대 허용 EPFD에 대한 허용단일입력제한값(validation single-entry limits)을 채택했다.
- o ITU 전파통신 사무국은 전파규칙 S22조의 지구국 안테나 직경에 대해 허용 가능한 최대 허용 제한값을 확인할 것이며, 기준 복사 패턴에 대해서도 허용 가능한 최대 제한값만을 확인할 것이며,
- o 운용자들은 전파규칙에서 정하고 있는 지구국 안테나 직경과 다른 크기의 안테나 직경에 대해 제한값과 일치하는 비정지 위성시스템에 의한 간섭

레벨을 평가할 수 있어야 하고 전파규칙에서 정하고 있는 빔폭과 다른 우주국 안테나 빔폭에 대한 제한값에 일치하는 비정지 위성 시스템에 의한 간섭 레벨을 평가할 수 있어야 한다.

(1) 10.7 12.75GHz 대역에서 GSO/FSS 지구국 안테나 직경에 따른 epfd↓ 연속곡선 유도방법
(표 S22-1A 허용제한값, 표 S22-4A1에서의 추가운용제한값)

이 부분은 전파규칙의 허용 제한값과 추가운용 제한값 부분에 대한 것이며, 10.7 11.7GHz(모든지역), 11.7 12.2GHz(2지역), 12.2 12.5GHz(3지역), 12.5 12.75GHz(1, 3지역)의 주파수 대역이 고려되었다.

유도 기준을 살펴보면 다음과 같으며

- o 기준 대역폭 : 40kHz
- o 적용 가능한 GSO 시스템 경사각 : 2.5° 이하
- o 적용 고도 : 60° 이하
- o 적용 날짜 : 2005. 12. 31. 이후
- o 허용 제한값에 대한 적용 가능한 안테나 직경 : 0.6 18m
- o 추가운용 제한값에 대한 적용 가능한 안테나 직경 : 3 18m

유도된 값의 곡선은 전파규칙의 S22조의 표의 값을 Curve Fitting 하여 근사값을 유도하였다.

(가) 전파규칙 S22의 허용 제한값(10.7 12.75GHz 대역)

이 대역에서의 허용 제한값 <표 3.1.1>은 전파규칙 표 S22-1A로부터 주어진 값이며, 시간율에 대해 초과 가능한 EPFD↓ 값이다.

<표 3.1.1> non-GSO FSS 시스템에 의한 EPFD↓ 제한값

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭 (kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
10.7-11.7 in all Regions; 11.7-12.2 in Region 2; 12.2-12.5 in Region 3 and 12.5-12.75 in Regions 1 and 3	-175.4	100	40	60 cm Recommendation ITU-R S.1428
	-174	10		
	-170.8	1		
	-165.3	0.07		
	-160.4	0.009		
	-160	0.003		
	-160	0		
	-181.9	100	40	1.2 m Recommendation ITU-R S.1428
	-178.4	0.5		
	-173.4	0.26		
	-173	0.143		
	-164	0.046		
	-161.6	0.016		
	-161.4	0.009		
	-160.8	0.003		
	-160.5	0.003		
	-160	0.0007		
	-160	0		
	-190.45	100	40	3 m Recommendation ITU-R S.1428
	-189.45	10		
	-187.45	0.5		
	-182.4	0.3		
	-182	0.145		
	-168	0.029		
	-164	0.012		
	-162	0.005		
	-160	0.001		
	-160	0		
	-195.45	100	40	10 m Recommendation ITU-R S.1428
	-195.45	1		
	-190	0.35		
	-190	0.29		
	-172.5	0.01		
	-160	0.002		
	-160	0		

허용 제한값 기준곡선은 EPFD↓(dB)**값 사이의 선형보간법**(linear interpolation)**과** EPFD↓**값이 초과될 수 있는 시간율 사이의 대수보간법**(logarithmic interpolation)**에 의해 구성된다**.

10.7 12.75GHz **대역에 대한 추가운용 제한값** <표 3.1.2>**는 전파규칙 표** S22-4A1 **으로부터 주어진 값이다**.

<표 3.1.2> non-GSO FSS 시스템에 의한 EPFD↓에 대한 추가운용제한값

epfd↓ (dBW/m² · 40 kHz)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	GSO 지구국 수신안테나 직경(m)
- 182	0.1	3
- 179	0.06	
- 176	0.03	
- 171	0.02	
- 168	0.016	
- 165	0.007	
- 163	0.001	
- 161.25	0.00025	
- 161.25	0	
- 185	0.03	10
- 183	0.02	
- 179	0.01	
- 175	0.004	
- 171	0.002	
- 168	0.001	
- 166	0.0002	
- 166	0	

(나) 허용 제한값에 대한 연속곡선(표 S22-1A)

o 0.6 10m의 안테나 직경

대역폭 40kHz에서 시간율 0%와 100%에 대한 제한값은 다음과 같이 결정한다.

$$epfd_0 = -160\ dB\ W/m^2$$

$$epfd_{100} = \begin{cases} -180.18 - 21.53 \log D, & D < 3.0 \\ -185.89 - 9.562 \log D, & D \geq 3.0 \end{cases} \qquad (3.1.4)$$

D ; 안테나 직경 (m)

두 개의 매개 함수 $\square_1$, $\square_2$가 정의되고 최종 곡선을 도출하기 위해 평균을 취한다. 함수 $\square_1$은 허용제한값의 커브 피팅(curve-fitting)을 통해 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha_1(p, D) = -179.77 + \frac{15.114 + 4.794D}{1 + \exp\left[\frac{0.7042 + 0.159D + \log p}{1.948 - \frac{1}{(\log D - 0.263)^2}}\right]} - 19.19 \log D \quad (3.1.5)$$

p ; 시간율, D ; 안테나 직경

α_1은 다음의 경계 조건을 갖는다.

$$\alpha_1(p, D) = \begin{cases} epfd_0 & \text{if } p \le 0.001 \\ epfd_0 & \text{if } \alpha_1 > epfd_0 \\ epfd_{100} & \text{if } \alpha_1 < epfd_{100} \end{cases} \quad (3.1.6)$$

기준 곡선 사이의 보간에 의해 유도되는 α_2는 다음과 같이 정의된다.

$$\alpha_2(p, D) = \begin{cases} epfd_{v0.6}(p) + 3.3219[epfd_{v1.2}(p) - epfd_{v0.6}(p)] \log\left(\frac{D}{0.6}\right), & 0.6 \le D \le 1.2 \\ epfd_{v1.2}(p) + 2.5130[epfd_{v3.0}(p) - epfd_{v1.2}(p)] \log\left(\frac{D}{1.2}\right), & 1.2 < D \le 3.0 \\ epfd_{v3.0}(p) + 1.9125[epfd_{v10.0}(p) - epfd_{v3.0}(p)] \log\left(\frac{D}{3.0}\right), & 3.0 < D \le 10.0 \end{cases} \quad (3.1.7)$$

$epfd_{v0.6}$, $epfd_{v1.2}$, $epfd_{v3.0}$, $epfd_{v10.0}$는 표S22-1A에서의 각각 안테나 크기 및 근사 시간율에 대한 허용제한값이다.

0.6 10m 사이의 안테나 크기에 대한 EPFD↓ 결과는 다음과 같이 정의된다.

$$epfd_{S22-1A}(p, D) = -\sqrt{\alpha_1(p, D) \cdot \alpha_2(p, D)}, \qquad 0.6 \le D \le 10.0 \quad (3.1.8)$$

o 10 18 m 사이의 안테나 직경

이 곡선(그림 3.1.3)은 단기간섭(short-term)부분과 장기간섭(long-term)부분을 분리하여 18m 안테나까지 외삽(extrapolation)에 의해 유도된 것이다. 곡선의 단기간섭(short-term) 부분은 $(D_{ref}/D)^2$만큼 시간율(p)을 scaling하는 time shifting에 의하여 유도되었으며, 장기간섭(long-term) 부분은

$20\log(D_{ref}/D)$만큼 epfd를 추가하는 power addition에 의하여 유도된 것이다. 두 개의 매개 함수 Φ_3와 Φ_4 는 각각 장기간섭(long-term) 부분과 단기간섭(short-term) 부분에 의해 정의된다.

$$\Phi_3(p,D) = epfd_{v10.0}(p) + 20\log\left(\frac{10}{D}\right) \qquad (3.1.9)$$

$$\Phi_4(p,D) = epfd_{v10.0}\left(p \cdot \frac{D^2}{100}\right) \qquad (3.1.10)$$

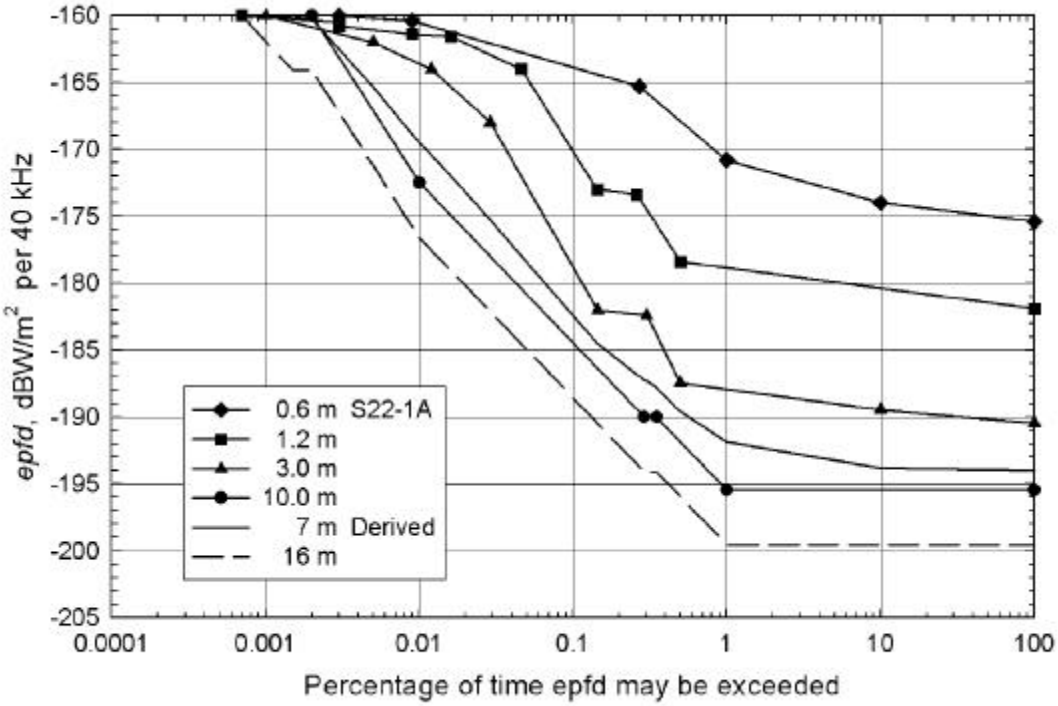
유도된 EPFD 값의 결과는 단기간섭(short-term) 부분은 시간율의 증가에 대해 첫 교차점(p_{c1})까지 적용하고 장기간섭(long-term) 부분은 높은 시간율 부분에 적용한다.

$$p_{c1} = 0.000179 + \frac{0.0182}{D} \qquad (3.1.11)$$

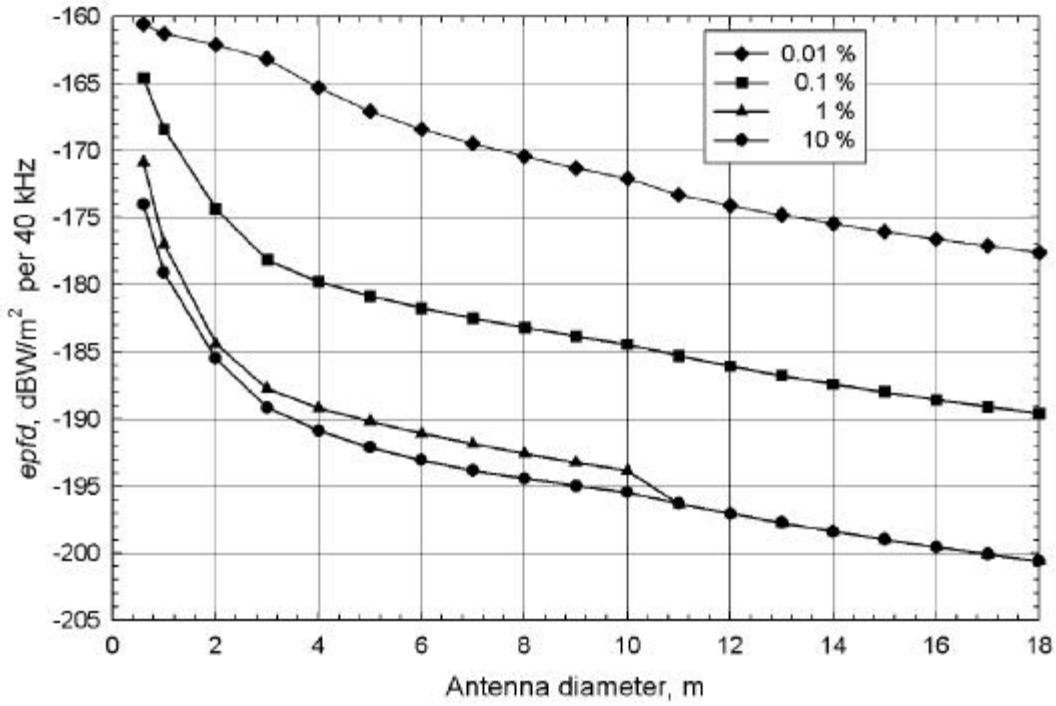
10m에서 18m까지의 안테나 직경에 대해 epfd↓값은 다음 식에 의해 주어진다.

$$epfd_{S22-1A}(p,D) = \begin{cases} \Phi_3(p,D), & (0 \le p \le p_{c1} \text{ and } 10 < D \le 18) \\ \Phi_4(p,D), & (p_{c1} < p \le 100 \text{ and } 10 < D \le 18) \end{cases} \qquad (3.1.12)$$

<그림 3.1.3>은 표 S22-1A의 제한값과 7m와 16m에 대해 유도된 값이다. 반면에 <그림 3.1.4>는 몇 가지 시간율에 대해 EPFD↓ 레벨에 대한 안테나 직경의 변화를 설명한다.



<그림 3.1.3> 표 S22-1A 시간율에 대한 *epfd* levels



<그림 3.1.4> 표 S22-1A 안테나 직경에 대한 *epfd* 레벨

(다) 추가운용 제한값에 대한 연속곡선(표 S22-4A1)

o 3 10 m 사이의 안테나 직경

우선 Δ_{max-op} 함수는 표 S22-4A의 3m, 6m, 9m 그리고 18m 안테나 직경에 대한 EPFD↓에 따른 운용 제한값들간의 선형보간(linear interpolation)으로 정의된다.

$$\Delta_{max-op}(D) = \begin{cases} -161.25 - 0.91667(D-3) & \text{for } 3 \le D < 6 \\ -164.0 - 0.5(D-6) & \text{for } 6 \le D < 9 \\ -165.5 - 0.22222(D-9) & \text{for } 9 \le D \le 18 \end{cases} \qquad (3.1.13)$$

Δ_{max-op}를 이용한 추가운용 제한값의 단기간섭(short-term) 부분의 곡선은 다음 식과 같다.

$$\Delta_5(p, D) = \Delta_{max-op}(D) - \frac{7D^2 p}{0.045 + 0.027D} \qquad (3.1.14)$$

장기간섭(long-term) 부분의 곡선은 3m와 10m 안테나에 대한 추가운용 제한값의 두 곡선($epfd_{AOL3}(p)$, $epfd_{AOL10}(p)$) 사이의 직선 보간(straightforward interpolation)에 의해 얻어진다.

$$\Delta_6(p, D) = epfd_{AOL3}(p) + 1.9125[epfd_{AOL10}(p) - epfd_{AOL3}(p)] \log\left(\frac{D}{3}\right) \qquad (3.1.15)$$

장기간섭과 단기간섭 곡선의 교차점(p_{c2})은 다음과 같이 정의된다.

$$p_{c2} = \exp[0.131823(3-D) - 4.57454] \qquad (3.1.16)$$

3 10m 안테나에 대한 추가운용 제한값의 최종 곡선은 p_{c2}에 따라서 다음과 같이 구분되어 정의된다.

$$epfd_{S22\text{-}4A1}(p,D) = \begin{cases} -\sqrt{\Phi_5(p,D) \cdot \Phi_6(p,D)} & \text{for } 0 \le p \le p_{c2} \\ \Phi_6(p,D) & \text{for } p_{c2} < p \le 100 \end{cases} \quad (3.1.17)$$

o 10 18 m **사이의 안테나 직경**

10m **안테나의 추가운용 제한값에** $20\log(D_{ref}/D)$**를 추가하는** Power Addition**를 통하여 구하는** extrapolation **보간법을 이용하여 곡선의 장기간섭** (long-term) **부분을 제공하는 매개함수** Φ_7**은 다음과 같이 정의된다.**

$$\Phi_7(p,D) = epfd_{AOL10}(p) + 20\log\left(\frac{10}{D}\right) \quad (3.1.18)$$

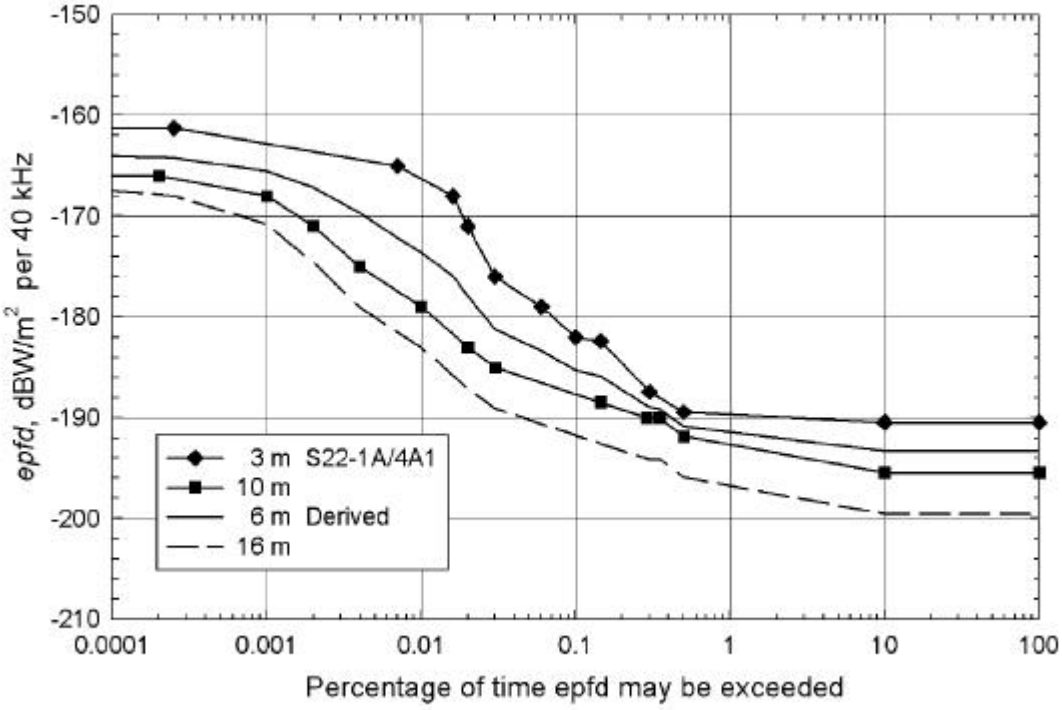
이것은 위에서 정의된 Φ_5**의 단기간섭**(short-term) **부분에 따라 구분되어 결합되며, 시간율이** 100%**(장기간섭)에서** 0%**(단기간섭)까지 감소하는 두 곡선의 첫 교차점**(p_{c3})**에서 곡선간에 천이가 일어나고** p_{c3}**는 안테나 직경에 따라 결정된다.**

$$p_{c3} = \frac{0.0523}{D} - 0.000817 \quad (3.1.19)$$

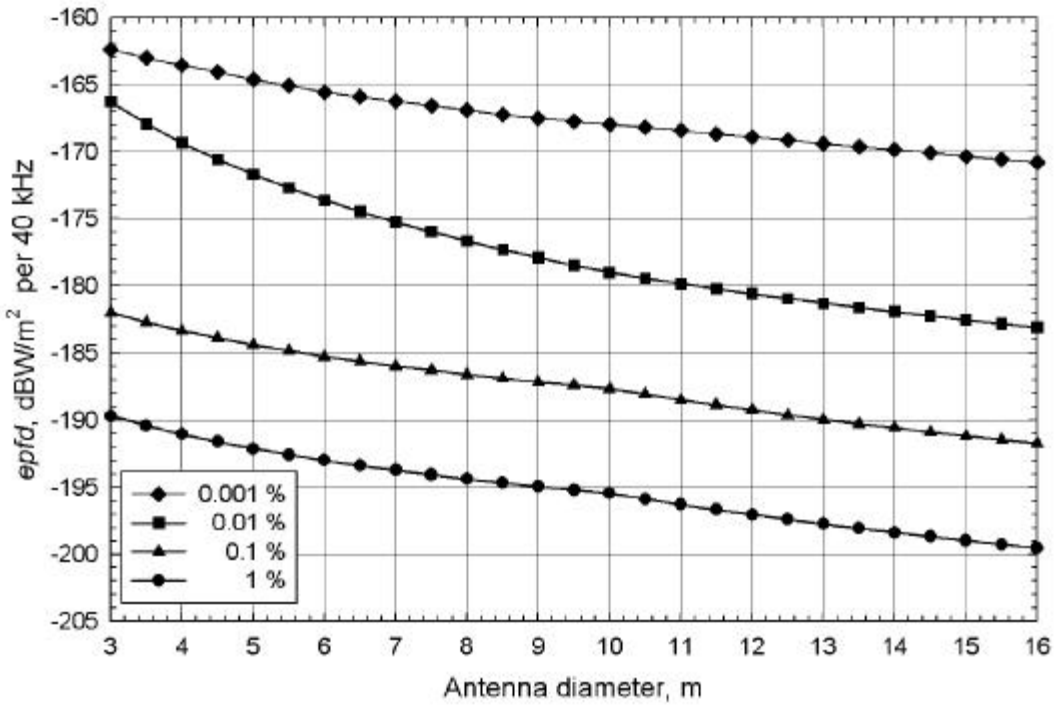
10m**에서** 18m **사이의 안테나 직경에 대한 추가운용 제한값은 다음과 같이 주어진다.**

$$epfd_{S22\text{-}4A1}(p,D) = \begin{cases} \Phi_5(p,D) & \text{for } 0 \le p \le p_{c3} \text{ and } 10 \le D \le 18 \\ \Phi_7(p,D) & \text{for } p_{c3} < p \le 100 \text{ and } 10 \le D \le 18 \end{cases} \quad (3.1.20)$$

<**그림** 3.1.5>**에서의 추가운용 제한값은** 6m**와** 16m **안테나 직경에 대한 유도된 제한값이며,** <**그림** 3.1.6>**는 몇몇 시간율에 대해 안테나 직경 함수로 유도된 추가운용 제한값이다.**



<그림 3.1.5> 표 S22-4A1 시간율에 대한 epfd 레벨



<그림 3.1.6> 표 S22-4A1 안테나 직경에 따른 epfd 레벨

(2) 17.8 18.6GHz와 19.7 20.2GHz 대역에서 GSO/FSS 지구국 안테나 직경에 따른 epfd↓ 연속곡선 유도방법

(표 S22-1B 허용제한값과 표 S22-1C에서의 추가운용제한값)

전파규칙 S22조의 표 S22-1B와 S22-1C에 정의된 제한값 부분에 해당되며, 주파수 대역은 17.8 18.6 GHz (모든 지역)와 19.7 20.2 GHz (모든 지역)에 대하여 검토되었다.

EPFD 제한값 유도기준은

- o 기준 대역폭 : 40 kHz
- o GSO 시스템에 적용 가능한 경사각 : 2.5° 이하
- o 적용 고도: 60° 이하
- o 적용 일자 : 2005년 12월 31일 이후
- o 적용 가능한 안테나 직경 : 1 5 m(17.8 18.6 GHz), 0.7 5 m(19.7 20.2 GHz)

EPFD 연속곡선은 전파규칙의 제한값으로부터 Curve-Fitting에 의해 근사값을 유도하였다.

(가) S22조의 허용제한값(17.8 18.6GHz, 19.7 20.2 GHz)

주파수대역 17.8 18.6 GHz에 대한 제한값은 <표 3.1.3>의 표 S22-1B에 주어진 값이며, 시간율에 따라 epfd 값이 초과될 수 있는 레벨이다.

<표 3.1.3> non-GSO FSS 시스템에 의한 epfd 제한값(17.8 18.6 GHz)

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭(kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
17.8 18.6	-175.4	100	40	1 m Recommendation ITU-R S.1428
	-175.4	10		
	-172.5	1		
	-167	0.286		
	-164	0.029		
	-164	0		

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭(kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
17.8 18.6	- 178.4 - 178.4 - 171.4 - 170.5 - 166 - 164 - 164	100 0.6 0.1 0.087 0.029 0.023 0	40	2 m Recommendation ITU-R S.1428
	- 185.4 - 185.4 - 180 - 180 - 172 - 164 - 164	100 0.2 0.2 0.057 0.057 0.002 0	40	5 m Recommendation ITU-R S.1428

19.7 20.2 GHz **주파수 대역의 허용 제한값은** <**표** 3.1.4>**의 표** S22-1C**의 값이다**.

<**표** 3.1.4> non-GSO FSS **시스템에 의한** epfd **제한값**(19.7 20.2 GHz)

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭(kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
19.7 20.2	- 187.4 - 182 - 172 - 154 - 154	100 28.571 2.857 0.017 0	40	70 cm Recommendation ITU-R S.1428
	- 190.4 - 181.4 - 170.4 - 168.6 - 165 - 160 - 154 - 154	100 9 0.2 0.2 0.057 0.057 0.003 0	40	90 cm Recommendation ITU-R S.1428
	- 196.4 - 162 - 154 - 154	100 0.02 0.00057 0	40	2.5 m Recommendation ITU-R S.1428

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭(kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
19.7 20.2	- 200.4 - 189.4 - 187.8 - 184 - 175 - 164.2 - 154.6 - 154 - 154	100 10 6 2.857 0.114 0.01 0.001 0.0008 0	40	5 m Recommendation ITU-R S.1428

허용제한값의 기준곡선은 EPFD **제한값**(dB) **간의 선형 보간**(linear interpolation)**과 시간율 간의 대수 보간**(logarithmic interpolation)**으로 구성된다**.

(나) 17.8 18.6 GHz **대역에서 허용제한값에 대한 연속곡선(표** S22-1B)

주파수대역이 17.8 18.6 GHz**이고, 기준 대역폭이** 40 kHz, **단위가** dBW/m^2**인** EPFD **연속곡선은** 1m**에서** 5 m **사이의 안테나 직경에 대해** Sigmoid Function**에 의해 정의된다**.

$$epfd_{S22-1B}(p,D) = B(D) + \frac{T(D)}{1+\exp\left(\frac{V(D)+\log p}{S(D)}\right)} \quad , \ 1 \le D \le 5 \tag{3.1.21}$$

D ; **안테나 직경**(m)

$$B(D) = -175.4 - 7.15476\log D - 10.59524(\log D)^2 \tag{3.1.22}$$

$$T(D) = 11.4 + 7.95238\log D + 9.04762(\log D)^2 \tag{3.1.23}$$

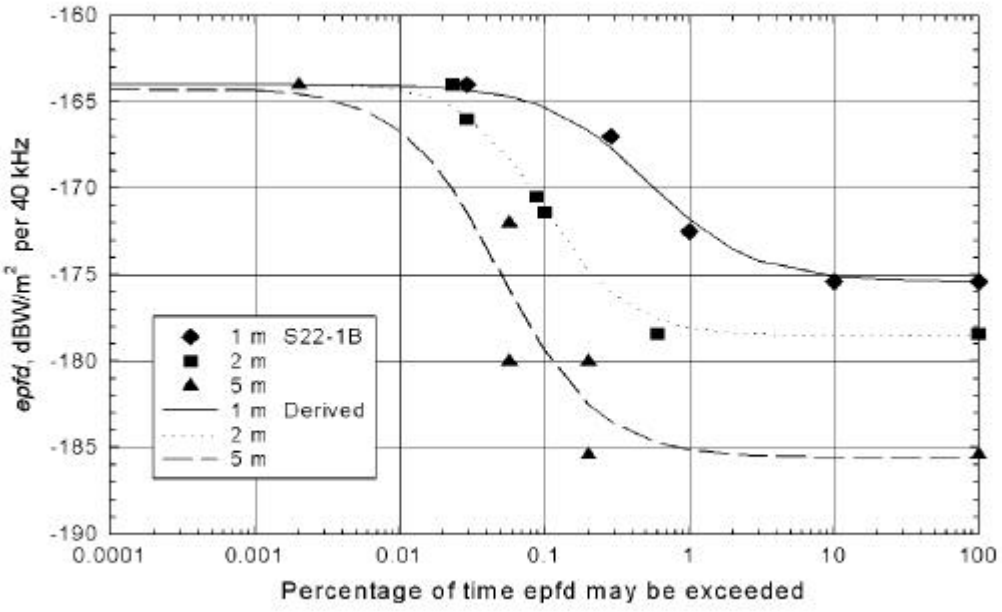
$$V(D) = 0.2783 + 3.09355\log D - 2.32405(\log D)^2 \tag{3.1.24}$$

$$S(D) = 0.3547 - 0.38349\log D + 0.52274(\log D)^2 \tag{3.1.25}$$

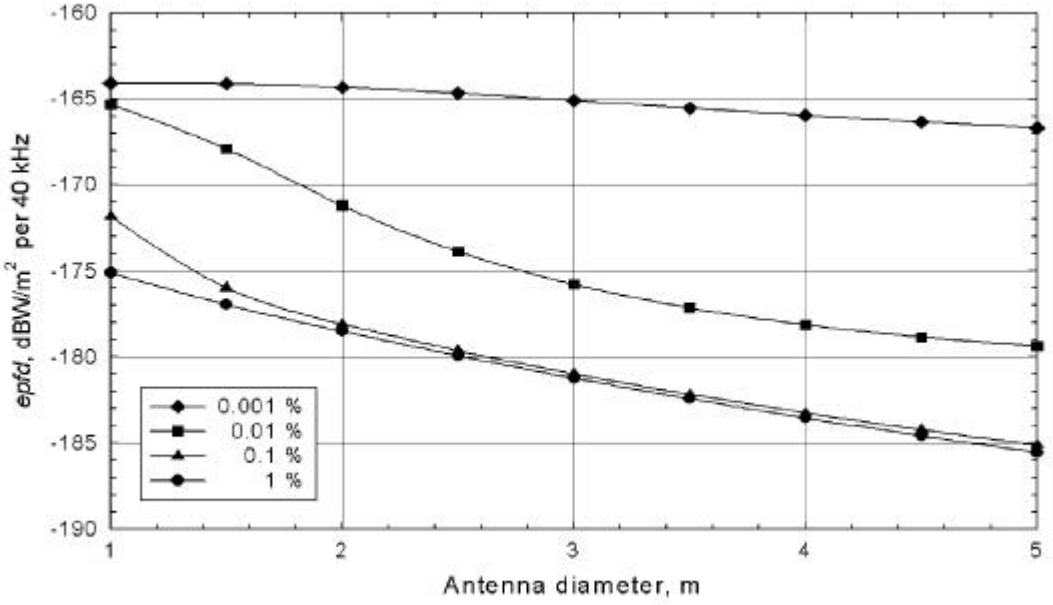
다음 조건에 따라

$$epfd_{S22-1B}(p,D) \le -164 \text{ dBW/m}^2 \quad (\text{기준대역폭, } 40\,\text{kHz})$$

최종적으로 유도된 곡선에서 전파규칙의 표 S22-1B의 제한값과 비교한 오차는 5m 안테나 직경에 대한 3dB 오차를 제외하고는 1dB정도이며, <그림 3.1.7>는 안테나 직경1, 2, 5m에 대해 유도된 제한값과 표 S22-1B를 나타내고 있으며, <그림 3.1.8>은 몇 가지 시간율에 대한 안테나 직경에 따른 EPFD의 변화를 나타내고 있다.



<그림 3.1.7> 표 S22-1B 시간율에 따른 epfd 레벨



<그림 3.1.8> 표 S22-1B 안테나 직경에 대한 *epfd* 레벨

(다) 19.7 20.2 GHz 대역에서 허용 제한값에 대한 연속곡선(표 S22-1C)

첫 교차 시간율은 기준대역폭 40 kHz에서 epfd가 154 dBW/m^2 이하에서 p_{c4}가 정의된다.

$$p_{c4} = 0.00206 - \frac{0.0117}{D} + \frac{0.0223}{D^2} - \frac{0.0105}{D^3} \qquad (3.1.26)$$

19.7 20.2 GHz 대역에서 기준 대역폭 40 kHz이고 dBW/m^{2}인 epfd 연속곡선은 안테나 직경 0.7m 에서 5m 범위 내에서 다음 다항식 함수에 의해 정의된다.

$$epfd_{S22\text{-}1C}(p,D) = \sum_{i=0}^{4} A_i(D)[\log p]^i \quad i = 0,..,4 \qquad (3.1.27)$$

다음 두 조건에 따라

$$epfd_{S22\text{-}1C}(p,D) \le -154 \text{ dBW/m}^2 \text{ (기준대역폭, 40 kHz)}$$

$$epfd_{S22\text{-}1C}(p,D) = -154, \quad p < p_{c4}$$

계수 A_i 는 다음과 같이 다항식으로 정의되며,

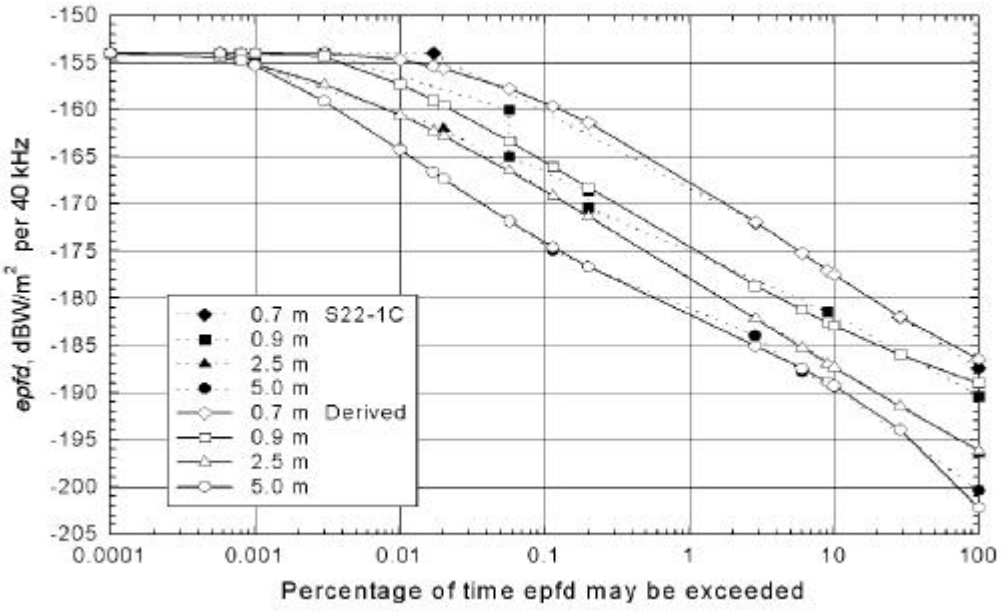
$$A_i(D) = \sum_{j=0}^{4} B_{ij}[\log D]^j \quad j = 0,..,4 \qquad (3.1.28)$$

계수 B_{ij} 는 <표 3.1.5>에서 주어진다.

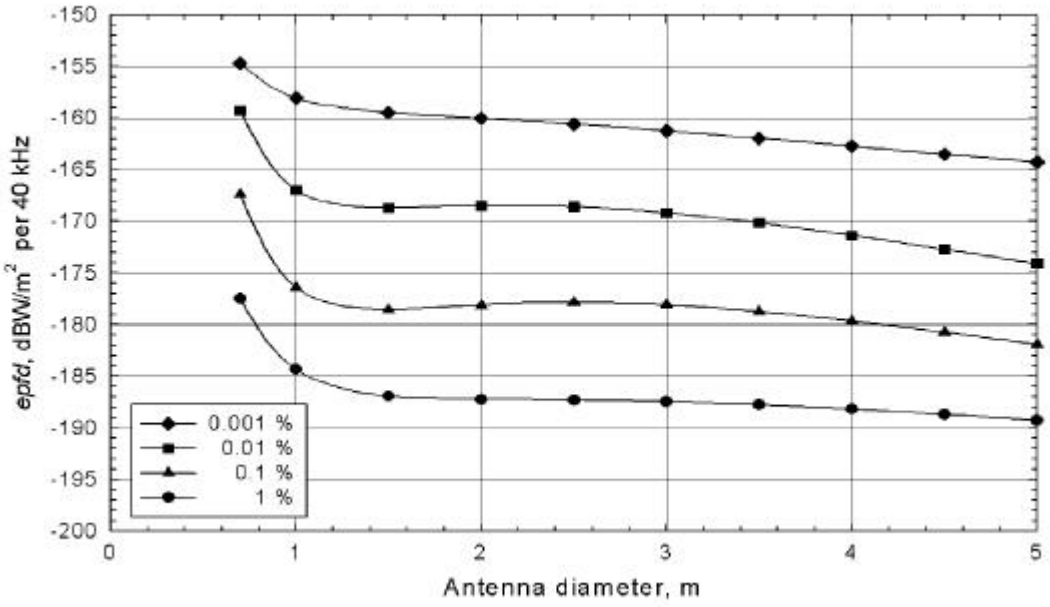
<표 3.1.5> 계수 Bij 값

j	B_{0j}	B_{1j}	B_{2j}	B_{3j}	B_{4j}
0	176.4	8.942	0.8074	0.2475	0.04853
1	30.60	0.7033	4.567	0.1355	0.2177
2	141.2	19.18	37.81	3.304	2.495
3	223.6	55.42	63.48	11.48	5.389
4	97.38	29.66	28.44	6.375	2.664

최종적으로 유도된 곡선에서, 표 S22-1C와 비교 오차는 안테나 직경 90cm 에서의 최고 편이 3.6dB를 제외하고는 1.5dB 이하이다. <그림 3.1.9>는 시간율 함수에 따라 안테나 직경 0.7, 0.9, 2.5 그리고 5m 에 대한 표 S22-1C로부터의 제한값과 유도 결과의 제한값을 나타내며, 반면에 <그림 3.1.10>은 몇 가지 시간율에 대한 안테나 직경에 대한 EPFD의 변화를 나타낸다.



<그림 3.1.9> 표 S22-1C 시간율에 따른 epfd↓ 레벨



<그림 3.1.10> 표 S22-1C 안테나 직경에 대한 epfd↓ 레벨

(3) 전파규칙 S22조에 규정되지 않은 빔폭을 갖는 우주국 안테나의 EPFD 레벨 예측방법(허용제한값 표 S22-2)

전파규칙 S22조의 표 S22-2의 EPFD↑ 제한값은 표 3.1.6에서 보는 바와 같이 GSO/FSS의 우주국 안테나의 빔폭에 대해 단지 하나의 값만 정해져 있다. 본문에서는 비정지 위성 지구국의 최대 허용 복사로부터 다른 안테나 빔폭에 대한 간섭레벨을 예측할 수 있는 지침을 제공한다. 각 주파수 대역에 단지 하나의 안테나 빔폭에 대한 제한값만을 정의하고 있으므로 빔폭의 다른 값으로의 Curve- Fitting은 불가능하다. 따라서 시뮬레이션 방법이 ITU-R 권고 S.1503을 기반으로 개발되었고, GSO 위성 안테나에서 전파규칙에서 규정된 빔폭 (beam width)은 최대 EPFD↑의 위치에서 한쪽 방향을 지향한다.

반전력 빔폭(half-power beamwidth)의 북쪽 끝에 위치한 GSO 지구국은 14 GHz 대역에서는 10° 의 앙각으로 30 GHz대역에서는 30° 의 앙각으로 운용하는 것으로 가정한다. 간섭을 주는 비정지 지구국은 육상에 균일하게 분포된 것으로 가정한다.

반전력 빔폭(half-power beamwidth)의 자취를 북쪽 끝에 고정하므로서 빔의 중심은 빔폭이 감소함에 따라 북쪽으로 이동할 것이고, 빔폭이 증가함에 따라 남쪽으로 이동할 것이다. 빔폭의 각 값에 대해 각 간섭원의 e.i.r.p는 $1/d^2$에 의해 조정되고 d는 간섭원으로부터 위성까지의 거리이다. EPFD 레벨은 간섭기지국의 방향에서 GSO 위성 안테나 이득의 각 값에 대한 전파규칙의 관련 규정을 이용하여 각 간섭 기지국으로부터의 분포를 합하여 결정한다. 결과적으로 전파규칙 표 S22-2의 기준 빔폭에 대한 EPFD 값과 같게 조정 한다.

이러한 분석으로부터 단순한 표현은 Curve-Fitting으로 유도된 것이며 다른 빔폭의 EPFD 레벨을 예측하는데 이용될 수 있다. 이 방법은 ITU-R 권고 S.672-4에서의 기준복사 패턴을 기반으로 하며, Sidelobe(*Ls*) *레벨*을 입력 파라메터의 하나로 사용한다.

<표 3.1.6> non-GSO FSS 시스템에 의해 복사되는 EPFD 제한값

주파수 대역 (GHz)	epfd dB(W/m²)	epfd 레벨이 초과될 수 없는 시간율	기준 대역폭 (kHz)	기준안테나 빔폭과 기준 복사 패턴
12.50 12.75 12.75 13.25 13.75 14.5	-160	100	40	4 degrees Rec. ITU-R S.672-4, Ls = 20
17.3 18.1 (Regions 1 and 3) 17.8 18.1 (Region 2)	-160	100	40	4 degrees Rec. ITU-R S.672-4, Ls = 20
27.5 28.6	-162	100	40	1.55 degrees Rec. ITU-R S.672-4, Ls = 10
29.5 30.0	-162	100	40	1.55 degrees Rec. ITU-R S.672-4, Ls = 10

(가) GSO 위성안테나 빔폭에 따른 EPFD 연속곡선

EPFD의 대략적인 레벨은 위성 안테나의 빔폭 함수에 따라 θ(degree)으로 결정될 수 있고, Sidelobe 레벨은 다음 식과 같이 *Ls*(dB)로, ITU-R 권고에 정의된 것과 같이 나타낼 수 있다.

$$epfd_{\uparrow}(\theta, L_s) = k + 10\log\left(\left(a + b10^{\frac{L_s}{10}}\right)\theta^c - d + e10^{\frac{L_s}{10}}\right) \qquad (3.1.29)$$

θ, 안테나 빔폭(degree)

Ls, sidelobe 레벨 (dB, ITU-R 권고 S.672-4)

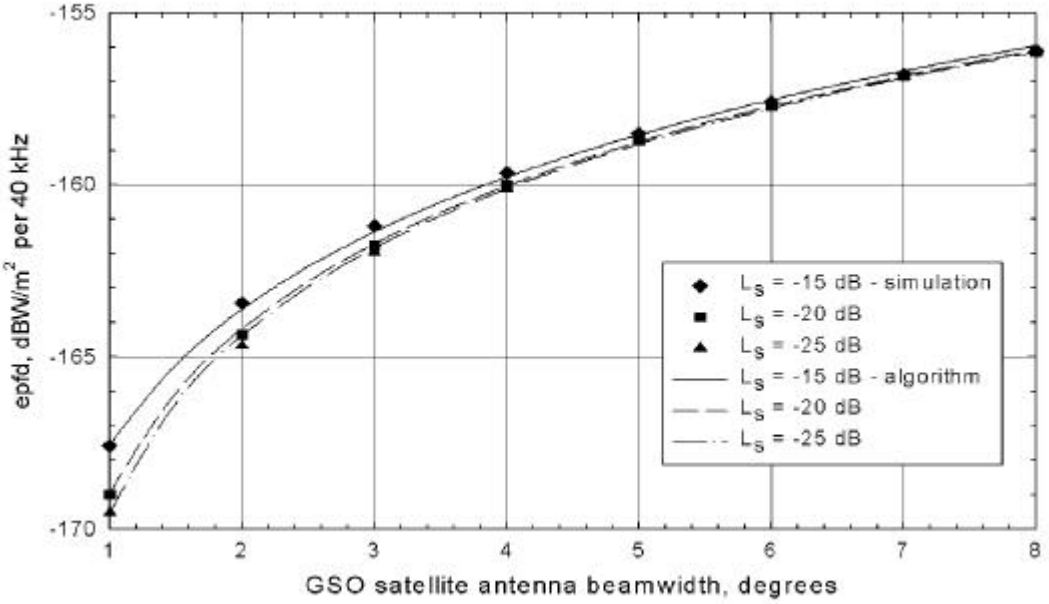
a, b, c, d, e, 상수 (14, 30 GHz 주파수 대역에 대해 <표 3.1.7>에서 주어짐)

<표 3.1.7> 식(3.1.29)에서의 계수

계수	12.5 14.5 GHz, 17.3 18.1 GHz(1, 3지역), 17.8 18.1 GHz(2지역)	27.5 28.6 GHz, 29.5 30.0 GHz
k	- 172.1	- 172.1
a	2.95	3.77
b	1.9	12.1
c	1.26	1.13
d	1.26	2.14
e	35	38

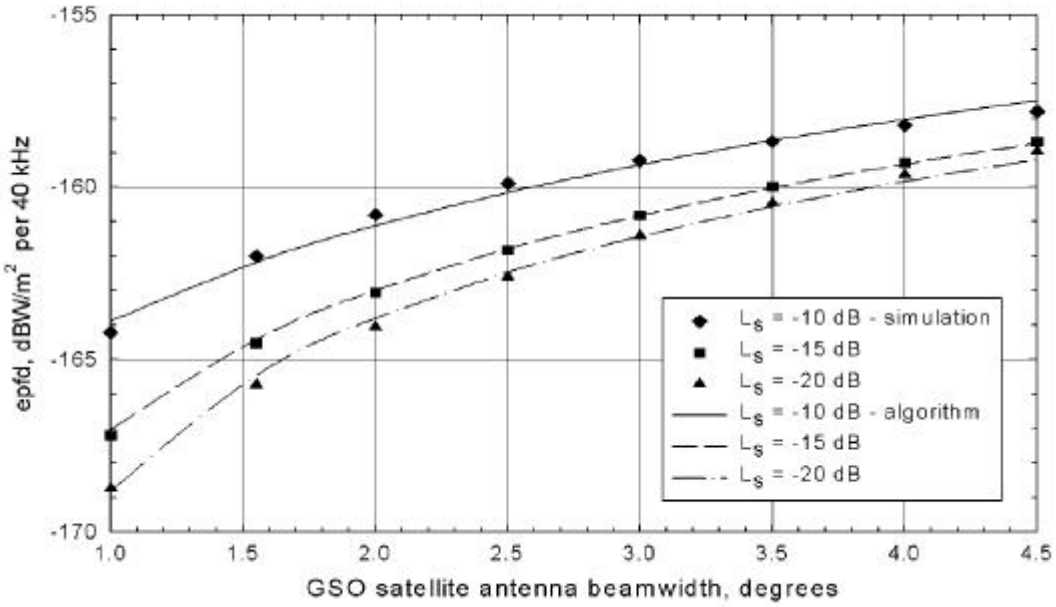
EPFD 연속곡선의 결과는 안테나 빔폭 함수에 따라 12.5 14.5 GHz와 17.3 18.1 GHz 대역은 <그림 3.1.11>에, 27.5 28.6 GHz와 29.5 30.0 GHz 대역은 <그림 3.1.12>에 나타내고 있다.

EPFD에 대한 연산은 시뮬레이션 결과와 최고 0.3 dB 정도 다르게 나타난다.



<그림 3.1.11> 안테나 빔폭 함수에 따른 표 S22-2의 EPFD 레벨
(주파수 대역 12.5 14.5GHz와 17.3 18.1GHz)

※ ◆, ■, ▲ 모양는 시뮬레이션 결과를 나타내며, 직선 및 점선은 식(3.1.29)의 결과를 나타낸다.



<그림 3.1.12> 안테나 빔폭 함수에 따른 표 S22-2의 EPFD 레벨
(주파수 대역 27.5 28.6GHz와 29.5 30.0GHz)

※ ◆, ■, ▲ 모양는 시뮬레이션 결과를 나타내며, 직선 및 점선은 식(3.1.29)의 결과를 나타낸다.

5. 결론

앞에서 설명한 것과 같이 우리는 전파규칙 S22조에 정하고 있는 Ku 및 Ka 주파수 대역에 대한 EPFD 제한값을 살펴보았으며 그 결과 전파규칙에서 정하고 있지 않은 안테나 크기에 대한 제한값을 유도할 수 있는 방법이 필요함을 인식하게 되었고, 그 유도를 위한 방법으로 연속곡선을 이용한 EPFD 제한값을 도출하는 방안이 ITU-R SG 4를 중심으로 제기되어 연구되고 있다.

이 방법은 GSO 위성망 운용자들이 위성망 운용시 non-GSO 위성 시스템으로부터 받을 수 있는 전파 간섭을 평가할 있도록 지침(Guide)을 제공하기 위함이며, 이러한 지침은 우리나라 위성망에 대한 간섭영향 평가를 위해서도 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

따라서 우리도 이 연구의 일환으로 ITU 에서 기고된 여러가지 방법들을 비교·분석하였고, 그 결과를 2001년도 4월에 개최된 WP 4A 회의에서 권고안 작성시 발표하였으며, 우리나라 위성망 보호를 위하여 의견을 제시하였다.

이와 같이 ITU에서는 국제적으로 현안 과제를 공동으로 연구하여 대처하고 있으므로 우리나라도 이러한 국제 활동에 체계적으로 대처하여 우리나라 통신망 보호 및 정보통신 산업 발전을 위해 노력해야 할 것이다.

제 2 절 주요 국가의 위성통신 관련 규정 조사

1. 개요

광대역, 초고속 통신망의 구축 및 글로벌화에 따라 전 세계는 단일화된 하나의 표준의 중요성이 점점 더 강조되고 있으며 이러한 표준을 만들기 위한 연구가 국제적으로 활발히 이루어지고 있다. 우리나라도 국제 사회의 변화에 능동적으로 대응하기 위해서는 국제 수준의 규정 마련 및 위성망 분석기술을 확보하기 위한 국가적인 노력이 필요하다. 이러한 노력의 일환으로 국내에서는 한국 ITU-R 연구위원회 활동 및 위성망 혼신조정 전담반 활동 등이 이루어지고 있다. 국제적으로는 관련 ITU-R Study Group에 참가하여 위성망 분석기술 및 국제동향을 파악하고 WRC를 통하여 국제 규정인 ITU-R 전파규칙의 제·개정시에 우리나라 입장을 제시하여 반영하는 등 우리나라 위성망 및 지상망 보호를 위한 노력을 기울이고 있다. 이러한 활동의 하나로 본 연구에서는 ITU의 전파규칙과 미국, 일본의 위성통신 관련 법 제도를 살펴보고 우리나라의 관련 법과 비교 분석하였다.

2. 국가별 위성통신관련 법 체계 및 규정

미국은 중앙정부 주도의 정보통신 관련 부처가 없는 대신에 국회의 책임하에 연방 정부내에 연방통신위원회(FCC)를 두어 정보통신에 대한 법률의 발의, 정책입안 및 인·허가 활동 등 통신 정책에 대한 업무를 수행하고 있으며, 미연방통신법(CFR 47)에 전기통신에 관한 사항을 정하고 있고 위성통신에 관한 사항은 PART 25에 정하고 있다.

일본의 위성통신 관련 규정은 전파법, 전파법시행규칙, 무선설비규칙 등에 정하고 있으며 우리나라와 유사한 구조로 전파법에 근거조항을 두고 전파법 시행규칙 및 무선설비규칙에 세부 기술기준에 대하여 기술하고 있다. 미국, 일본 등은 WRC-2000(세계전파통신총회) 결과에 따라 광대역, 초고속 멀티미디어 서비스 등의 구현을 위한 법 제도의 준비를 서두르고 있고, 위성관련 조항의 개정 작업도 활발하게 진행되고 있다.

가. 미국의 위성관련 규정 및 기술기준 체계

미국은 무선통신을 규제하기 위하여 1927년 전파법에 의거하여 연방전파위원회(FRC, Federal Radio-Communication Commission)를 설립하였으며, 이 위원회는 1934년 통신법에 의해 FCC(Federal Communications Commission)가 만들어져 합리적인 요금에 의한 신속한 통신서비스의 제공, 통신의 규제, 이용에 따른 생명, 재산, 안전의 향상 등 통신법상의 목적을 실현함을 목표로 하고 있다. 1927년 전파법에 의하여 설정된 무선통신 규제의 기본 구도는 본질적으로 변하지 않았는데, 1927년 법은 대통령으로 하여금 정부가 사용하는 주파수 할당 및 조정 기능은 상무성내의 NTIA(National Telecommunications and Information Administration)에게, 그리고 비 연방 정부용으로 일반 민간 사용자들이 사용하는 주파수의 관리기능은 FCC에게 주었다.

미국의 법 체제를 살펴보면 법전에 해당하는 US Code에 50개의 Title이 있으며, 그 중 Title 47에 통신에 관한 사항을 정하고 있으며 다음과 같이 9개의 Chapter로 구성되어 있다.

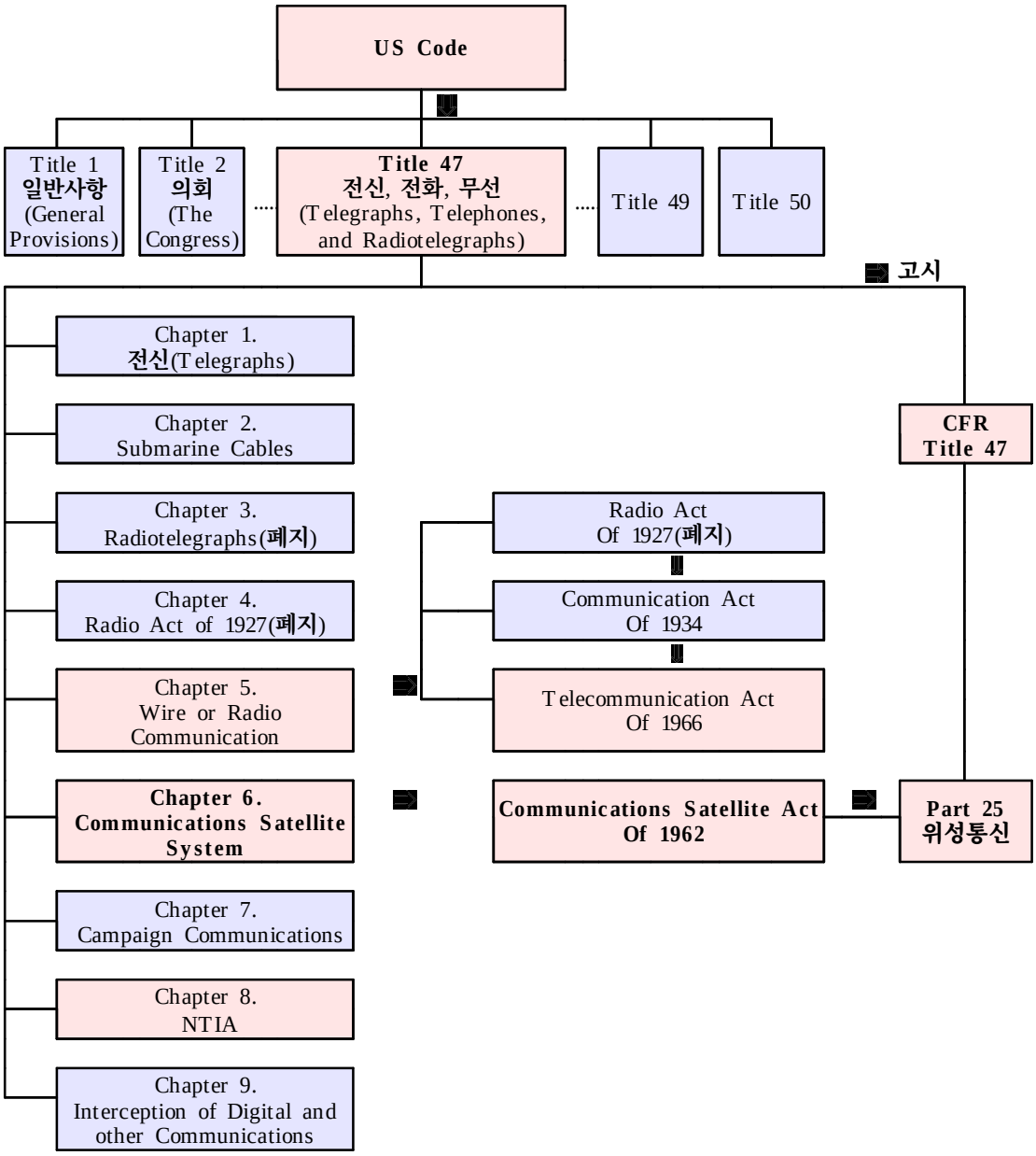
o 미국 법전 TITLE 47 (Telegraphs, Telephones, and Radiotelegraphs)
- Chapt 1. Telegraphs (전보)
- Chapt 2. Submarine Cables (해저 케이블)
- Chapt 3. Radiotelegraphs (폐지됨)
- Chapt 4. Radio Act of 1927 (폐지 또는 생략됨)
- Chapt 5. Wire or Radio Communication (유무선 통신)
- Chapt 6. Communications Satellite System (위성통신시스템)
- Chapt 7. Campaign Communications (폐지됨)
- Chapt 8. National Telecommunications and Information Administration (NTIA)
- Chapt 9. Interception of Digital and Other Communications (디지탈과 다른통신간의 도청)

위의 법령 중 Chapter 5에는 FCC에 관한 법 조항이 명시되어 있으며 Chapter 8은 NTIA에 관한 조항이 명시되어 있다. 또한 Chapter 5는

"Communications Act of 1934(1996년 개정)"라고 하며 1996년에 대대적인 개정작업이 있었다.

위성통신을 중심으로 한 미국의 통신법의 체계는 <표 3.2.1>과 같이 나타낼 수 있으며, <표 3.2.1>에서 제일 상위법인 US Code(미국의 법전)는 우리나라의 법률에 해당하며 이를 시행하기 위한 구체적인 규칙은 독립규제 조직인 연방통신위원회(FCC)가 제·개정하는 CFR(Code of Federal Regulations) 47에 정하고 있다.

<표 3.2.1> 미국의 법(United States Code) 체계



통신법을 시행하기 위한 CFR 47(Telecommunication)은 3개의 Chapter와 399개의 Part로 구분되어 있으며 총 5권으로 구성되어 있다.

Chapter의 구분은 다음과 같으며,

- Chapter Ⅰ- Federal communication commission(FCC)

- Chapter Ⅱ- Office of Science and Technology Policy and National Security Council(과학 기술정책실과 국가안보위원회)

- ChapterⅢ- National Telecommunications and Information Administration, Department of Commerce(NTIA)

Part 0 부터 Part 199 까지로 구성되는 Chapter Ⅰ은 FCC에서 관리하고, Part 200 부터 Part 299 까지로 구성되는 Chapter Ⅱ는 과학 기술정책실과 국가안보위원회에서 관리하며, Part 300 부터 Part 399 까지로 구성되는 Chapter Ⅲ는 NTIA에서 관리한다.

연방 통신규칙(CFR)에 대해서는 통신법 155조항(FCC의 조직과 기능)에서 제정 근거를 찾을 수 있으며 세분화된 각 Part 마다 상위법(U.S.C. 47)에 근거 조항을 명시하고 있다. 앞에서 설명한 것과 같이 CFR 47의 구성은 Part 0에서 Part 399 까지이며 위성통신관련 규정은 Part 0(위원회 조직), Part 1(실행과 절차), Part 2(주파수 할당과 무선조약), Part 3(해양과 해양이동위성 무선서비스 인·허가), Part 25(위성통신), Part 100(직접방송위성서비스), Part 300(연방 주파수관리를 위한 절차와 법 메뉴얼)에 정하고 있으며, 주로 위성통신 규칙이라 하면 PART 25를 말할 수 있다.

PART 25는 1962년에 개정된 통신위성법 201(c)(11)절과 국제해양위성전기통신법(International Maritime Satellite Telecommunications Act) 501(c)(6)절에 그 근거를 정하고 있다. PART 25는 9개의 Subpart로 구성되어 있으며. 그 내용은 아래에 간단히 구분하여 기술하였다.

o 위성통신규칙(PART 25)

- 일반사항 및 면허신청에 관한 사항 : Subpart A, Subpart B
- 기술적 표준 및 운용에 관한 사항 : Subpart C, Subpart D
- 기타사항 : Subpart E, Subpart F, Subpart G, Subpart H, Subpart I

미국의 통신법은 매년 10월에 개정이 이루어지며, 2001년 10월에 개정된 PART 25의 주요내용은 25.134절 및 25.136절에 C-band Small Aperture Terminal(CSAT) 및 2 GHz 이동위성업무에 관한 조항이 추가되었고, 25.212절의 고정위성업무에 대한 협대역 전송에 대한 규정이 12/14 GHz 정지궤도위성 고정위성업무에 대한 조항으로 변경되어 Ku 대역 정지궤도 위성망으로 한정지어 졌으며, 25.146절에 10.7GHz에서 14.5GHz 대역에서 non-GSO FSS에 대한 면허 및 운용 인가에 관한 조항이 새로 제정되었다. 현재는 25.141절(무선측위위성업무의 면허규정) 및 subpart H(통신위성법인의 주식 소유에 대한 인가) 의 폐지가 제기되고 있고, 25.140절인 재정적 자격에 관한 조항이 재검토되고 있다.

최근 미국의 법 개정 동향을 살펴보면 우주국, 지구국 등의 면허 절차 및 신청에 관한 조항이 보다 능률적이고 유연성 있게 조정되고 있으며, 기술기준 및 운용에 관한 조항도 계속 국제기준에 따라 현행화 되고, 시간 절약을 위하여 전자서류(Electronic Filing) 시스템 방안이 모색되고 있다.

나. 일본의 위성관련 규정 및 기술기준 체계

현재 일본은 "E-JAPAN" 이란 구호아래 초고속 통신망을 기반으로 하는 최첨단 IT 국가 구축을 추진 중에 있으며, 이러한 사업의 일환으로 광대역 인터넷 망, 차세대 이동통신, 성층권통신시스템(HAPS, High Altitude Platform Station) 등의 신통신기술의 개발 및 기술간의 접목을 통한 종합통신망 구축을 추진하고 있다. 이러한 새로운 신기술의 구현 및 글로벌화 되는 국제 사회의 동향에 발 맞춰 WRC-2000의 결과를 반영하는 전파법의 개정이 2001년도에 이루어졌고, 뒤이어 시행규칙 및 무선설비 규칙 등도 같은 해에 개정되었다.

전파를 이용하는 일본의 법제는 1900년 당시의 체신성이 소관하는 전신법에 준용 규정을 두고 있었으며, 1914년에는 여기에 무선전화가 추가되었다. 이어 1915년 무선전신법이 제정되었으며, 장기적인 전파이용기반이 되어왔다. 그 후 전파이용의 확대, 고도화 및 사회의 민주화에 따라서 1950년에 이를 폐지함과 동시에 법률 제131호의 전파법이 제정되었다. 구 무선전신법에서는 전파가 나라 소유로 제한되어 있었으나, 새 전파법에서는 신 헌법과 민주주의 사상에 맞추어 "전파는 국민의 것이다"라는 개념이 도입되었다.

일본은 헌법을 정점으로 법 형식의 차이에 의해 법률, 정령, 성령(규제)으로 법제를 구분하고 있으며, 전파관계법령에는 전파법, 전파법시행령, 전파법시행규칙등이 있으며, 전파법은 총칙, 무선국의 면허, 무선설비, 특정무선설비의 기술기준 적합증명, 무선종사자, 운용, 감독, 이의신청 및 소송, 전파감리심의회, 잡칙, 벌칙에 대한 항목으로 구성된다. 위성관련 규정은 전파법 6조(면허의 신청) 및 36조의 2(인공위성국의 조건)에 정하여 다른 하위법의 근거로 하고 있으며, 전파법 시행규칙 제4절의 2에 지구국, 인공위성국 등에 관한 조항이 명시되어 있다. 무선국 허가 관련 조항은 무선설비규칙 제4장에 「업무별 또는 전파의 형식 및 주파수대별에 따른 무선설비의 조건」에 방송위성, 인마세트 지구국, 이동위성통신을 하는 무선국 등에 관한 세부 조건을 정하고 있다.

o 전파법
  - 면허 신청 : 제6조
  - 인공위성국의 조건 : 제36의 2
o 전파법 시행규칙 제4절의 2 (지구국, 인공위성국 등의 특칙)
  - 지구국의 송신공중선의 최소앙각 : 제32조
  - 지구국의 등가등방복사전력 : 제32조의 2
  - 인공위성국의 송신공중선의 지향방향 : 제32조의 3
  - 인공위성국의 위치의 유지 : 제32조의 4
  - 인공위성국의 설치장소의 변경 기능의 특례 : 제32조의 5
  - 인공위성국등의 전력속밀도 : 제32조의 6
  - 최대 등가등방복사전력 등 : 제32조의 7, 제32조의 8
  - 기타사항 : 제32조의 9

o 위성관련 무선설비규칙

(제4장 업무별 또는 전파의 형식 및 주파수 대역별에 따른 무선설비의 조건)

- 방송위성통신에 관한 사항

· 제2절의 5(제37조의 21 제37조의 26의 2)

11.7GHz를 초과하고 12.2GHz이하의 주파수의 전파를 사용하는 표준 텔레비젼 방송(디지털방송을 제외한다), 표준 텔레비젼 음성 다중방송, 표준 텔레비젼 문자다중방송 또는 표준 텔레비젼 · 데이터 다중방송을 하는 방송위성국 및 당해 방송위성국과 통신을 하는 지구국의 무선설비

· 제2절의 6(제37조의 27 제37조의 27의 3)

초단파방송(G7W의 전파 11.7GHz를 초과하고 12.2GHz 이하 및 12.2GHz를 초과하고 12.75GHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 것을 제외한다.) 또는 초단파데이터다중방송을 하는 방송위성국 및 당해 방송위성국과 통신을 하는 지구국의 무선설비

· 제2절의 7(제37조의 27의 4 제37조의 27의 9)

고 정밀도 텔레비젼방송(디지털 방송을 제외한다), 고 정밀도 텔레비젼음성다중방송 또는 고 정밀도 텔레비젼 · 데이터다중방송을 하는 방송위성국 및 당해 방송위성국과 통신을 하는 지구국의 무선설비

· 제2절의 10(제37조의 27의 15 제37조의 27의 17)

G7W 전파 11.7GHz를 초과하고 12.2GHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 표준텔레비젼방송, 고 정밀도 텔레비젼방송, 초단파방송 또는 데이터방송을 하는 방송위성국 및 당해 방송위성국과 통신을 하는 지구국의 무선설비

· 제2절의 11(제37조의 27의 18 제37조의 27의 20)

G7W 전파 12.2GHz를 초과하고 12.75GHz 이하의 주파수의 전파를 사용하는 표준텔레비젼방송, 고 정밀도 텔레비젼방송, 초단파방송 또는 데이터방송을 하는 방송위성국 및 당해 방송위성국과 통신을 하는 지구국의 무선설비

- 이동위성통신에 관한 사항
  · 제4절의 15(제49조의 18)
    휴대이동위성데이터통신을 하는 무선국의 무선설비
  · 제4절의 20(제49조의 23)
    휴대이동위성통신을 하는 무선국의 무선설비
  · 제4절의 21(제49조의 24)
    인마세트 휴대이동지구국의 무선설비
- 기타 사항 : 제7절의 2의 2(제54조의 3)
    다른 하나의 지구국에 의해 그 송신의 제어가 이루어지는
    소규모 지구국의 무선설비

다. 우리나라의 위성관련 규정 및 기술기준 체계

우리나라의 전파관계 법령은 일본의 법령과 유사한 구조를 취하고 있으나, 2000년 1월에 전파법의 개정시 제5조에 전파자원의 확보에 대한 조항을 정하고, 제4장 제3절에 우주통신의 운용에 관한 절을 마련하여 주파수 및 위성궤도의 확보에 따른 우주통신의 운용을 위한 제반 조항을 규정하여 우주통신을 할 수 있는 근거를 마련하였다. 전파법시행규칙 제2조(국제등록대상주파수 등), 제25조(위성망의 국제등록 신청), 제26조(위성망 국제등록비용)에 국제 등록에 관한 사항을 정하였으며, 무선설비규칙 제24조(세부기준 등의 고시)에 따라 정보통신부고시 제2001-117호(2001. 12. 17) 제8조에 우주국 및 지구국의 무선설비에 대한 세부기준을 고시하였다.

o 전파법
  - 면허신청 : 제21조
  - 국제등록, 위성궤도 및 주파수 확보에 관한 사항 : 제38조, 제39조, 제40조, 제41조, 제42조, 제43조
o 전파법 시행규칙
  - 국제등록대상주파수 및 위성망 국제등록에 관한 사항 : 제2조, 제25조, 제26조

o 무선설비규칙

- 103조 및 103조의 2 : 2001. 2. 8 무선설비규칙 개정에 따라 삭제
- 제24조 : 세부 기준 등의 고시에 관한 사항

o 위성통신 관련 정보통신부고시

- 제2001-11호(2001. 3. 12)
  · 제10조(인마세트 선박지구국)
  · 제11조(위성비상위치지시용무선표지설비)
- 제2001-22호(2001. 4. 10)
  · 제8조(위성휴대통신용 무선설비)

o 우주국 및 지구국 등에 관한 정보통신부고시

- 제1995-5호(1995. 1. 13) : 삭제
- 제2001-117호(2001. 12. 17) 제8조

3. 우주국 및 지구국 무선설비에 관한 기술기준 개정

현재 국제사회는 ITU를 중심으로 광대역, 초고속통신망 구축을 앞두고 새로운 국제 기준 및 기반 기술의 적용을 위한 노력에 힘쓰고 있으며, 미국, 일본 등도 새로 도입되는 비정지궤도 위성시스템에 적용할 수 있도록 위성관련 규정을 하나 하나 개정하고 있다.

우리나라도 WRC-2000 결과를 바탕으로 작성된 ITU 전파규칙 및 권고 그리고 미국, 일본의 규정을 분석하여 기술기준 개정 작업을 수행하였다.

그 개정 작업의 주요 검토자료는 다음과 같으며,

o ITU-R 전파규칙(RR) S21조, S22 및 권고 S.465-5

o 미국의 위성관련 규정 조사, 분석

- FCC CFR 47 PART 25

o 일본의 위성관련 규정 조사, 분석

- 전파법(36조의 2), 전파법시행규칙(32조의 5)

o 국내 위성관련 규정 조사, 분석

- 무선설비규칙 제12절의 2(우주국 및 지구국의 무선설비)
- 우주국 및 지구국 등에 관한 고시(정보통신부고시 제1995-5호)

주요 개정 내용은 지구국 안테나 복사패턴을 미국의 위성관련 규칙(PART 25) 209절에 맞춰 엄격하게 정하였으며, 우주국의 전력속밀도의 허용제한값을 WRC-2000의 결과에 따라 전파규칙 표S21-4의 내용을 반영한 것이다.

다음의 표는 우리나라의 무선설비규칙 제12절의 2 및 관련 고시를 기준으로 작성된 왼쪽 항목과 ITU 전파규칙 및 미국, 일본의 규정을 오른쪽에 비교한 비교 분석표이며, 이 분석표를 바탕으로 개정된 정보통신부 고시 제2001-117호 "우주국 및 지구국의 무선설비"를 이 보고서의 부록 3으로 첨부하였다.

<표 3.2.2> 우주국 및 지구국 기술기준 비교분석

무선설비규칙	비교분석	비고
제4장 우주국 및 지구국의 무선설비	제4장 우주국 및 지구국의 무선설비	
제8조(우주국 및 지구국의 무선설비) 우주국 및 지구국의 무선설비의 기술기준은 다음 각호와 같다.	제8조(우주국 및 지구국의 무선설비) 우주국 및 지구국의 무선설비의 기술기준은 다음 각호와 같다.	
1. 우주국	1. 우주국 (이 규정의 적용에 있어 혼신레벨(S 1.168)은 권고를 지침으로 주관청간의 협정에 의해 결정되어야 한다.)	
가. 궤도, 전파발사 정지등 위성운용에 관한 사항 (1) 우주국은 원격지령에 의하여 전파발사를 즉시 정지할 수 있는 기능을 보유할 것	가. 궤도, 전파발사 정지등 위성운용에 관한 사항 (1) 우주국은 전파법에 따라 언제든지 전파발사를 중지할 수 있는 원격제어 장치를 구비할 것	전파규칙 S22.1 일본 전파법 36조의 2

무선설비규칙	비교분석	비고
⑵ 우주국의 설치장소는 원격지령에 의하여 변경할 수 있을 것.다만, 비정지위성에 대해서는 그러하지 아니한다.	⑵ 인공위성국은 그 무선설비의 설치장소를 원격조작에 의해 변경하는 것이 가능하지 않으면 안된다. 단 총무성령에서 정한 인공위성국에 대해서는 이 제한이 없다.	일본 전파법 36조의 2
⑶ 국제혼신 조정 등에 의해 필요하다고 인정되는 경우에는 공중선전력의 저감장치를 부착할 것	⑶ 정지위성궤도를 향한 정지위성으로부터의 송신이 고정위성업무의 정지위성 우주시스템에 혼신을 야기하는 경우에는 허용레벨 이하로 송신레벨을 저감해야 한다.	전파규칙 S.22.4
나. 전력속밀도의 허용치 ⑴ 정지위성등 우주국에서 지표면에 발생하는 전력속밀도의 허용치는 별표 8-1과 같을 것	나. 전력속밀도의 허용치 ⑴ 전파규칙 표 S21-4에서 우리나라에 분배된 주파수 대역만 고려함. <표 3.2.3> 참조	
⑵ 8,025 8,400㎒ 대역의 비정지 지국탐사위성에 의하여 정지위성 궤도에 발생하는 최대 전력속밀도는 임의의 4㎑ 폭에서 -174[W/㎡]를 초과하지 않을 것	⑵ 8,025 8,400㎒ 대역의 비정지 지구국탐사위성에 의하여 정지위성 궤도에 발생하는 최대 전력속밀도는 임의의 4㎑ 폭에서 -174[W/㎡]를 초과하지 않을 것 ※ S 5.462A 제1지역과 제3지역에서(일본제외), 8,025 8,400㎒의 주파수대역의 정지궤도위성을 이용한 지구탐사 위성업무는 지구표면에서의 전력속밀도가 영향을 받는 주관청의 동의없이 모든 도달각(θ)에 다음에 정해진 값들을 초과해서는 안된다.	일본 전파법 시행규칙 32조의 6 전파규칙 S5.462A 우리나라는 일본과 달리 S5.462A를 따라야 할 것으로 사료됨

무선설비규칙	비교분석	비고
	- 174dB(W/㎡) 4㎑ 대역당 0° ≤ θ ≤ 5° - 174+0.5(θ - 5) dB(W/㎡) 4㎑ 대역당 5° ≤ θ ≤ 25° - 164dB(W/㎡) 4㎑ 대역당 25° ≤ θ ≤ 90 이들 값은 결의 124(WRC-97)하에 의거 연구를 요한다. (WRC-97)	
다. 궤도의 유지 ⑴ 고정위성업무 또는 방송위성업무에 분배된 주파수를 사용하는 정지궤도상의 우주국은 (실험국 제외) 그 위치를 공칭경도의 ±0.1도 이내로 유지할 것 ⑵ 가목의 우주국 이외의 것으로서 정지위성 궤도에 설치된 것은 공칭위치 경도의 ±0.5도 이내로 위치를 유지할 것	다. 궤도의 유지 (11.7- 12.7GHz의 주파수대에서 운용하는 정지위성상의 방송위성업무의 우주국에 대해서는 이 규정들이 적용되지 않는다. 그러나, 부록 S.30에 따라 자신의 위치를 유지시켜야 한다.)	다.(1) 전파규칙 S22.6-7 다.(2) 전파규칙 S22.9
라. 정지위성 송신공중선의 지향 정밀도 : 정지위성에 설치된 우주국 송신 공중선의 지구방향 정밀도는 최대복사 지향 방향이 ⑴ 반전력 빔폭의 10%가 공칭 지향 방향내에 있거나 ⑵ 공칭방향에 대해서 0.3° 이내로 유지될 것. 이 경우 두 조건의 각도가 다를 경우에는 큰 것을 적용한다.	라.⑵ 공칭방향에 대해서 0.3° 이내로 유지될 것. 이 경우 두 조건의 각도가 다른 경우에는 큰 것을 적용한다.(이 규정은 지역통신에 한해 적용)	라. 전파규칙 S22.19

무선설비규칙	비교분석	비고
2. 지구국 가. 등가등방 복사전력 제한 지구국의 지표선에 대한 등가등방복사전력의 허용치는 별표 8-2와 같을 것	2. 지구국 가. 등가등방 복사전력 제한 1) 지구국에 의하여 수평선을 향하여 발사되는 등가등방복사전력(EIRP)은 어떠한 방향으로 발사되는 것도 3) 또는 4)에 규정되어 있는 경우를 제외하고는 아래의 한계값을 초과하여서는 아니된다. a. 1GHz와 15GHz 사이의 주파수대 +40dBW (4kHz 대역, θ≤0。) +40+ 3θ dBW (4kHz 대역, 0。＜θ≤5。) b. 15GHz 이상의 주파수대 +64dBW (1MHz대역, θ≤0。) +64+ 3θ dBW (1MHz대역, 0。＜θ≤5。) 2) 5。이상의 수평선 앙각에 대하여는 지국국에 의하여 송신되는 등가등방복사전력(EIRP)에 관한 아무런 제한이 없다. 3) 1)에 명시되어 있는 전력제한값에 대한 하나의 예외로서 우주연구업무(심우주)의 지구국에 의하여 수평선을 향하여 발사되는 등가등방복사전력은 1GHz와 15GHz사이의 각 주파수대에서는 임의의 어느 1MHz대역에서 +79dBW를 초과하여서는 아니된다.	전파규칙 S21.8 S21.12 <표 3.2.4> 참조 S21.8 전파규칙 S21.9 전파규칙 S21.10

무선설비규칙	비교분석	비고
	4) 1)과 3)에 명시되어 있는 전력 한계값은 10dB 이하의 범위내에서 초과될 수 있다. 그 결과로 확대되는 그 지구국의 조정구역이 어떤 다른 국가의 영토로 확대되는 경우에는 그러한 전력의 증가는 그 국가의 주관청의 동의를 얻어야 한다.	전파규칙 S21.11
	5) 1)에 명시되어 있는 전력한계값은 주파수대가 동등한 권리로 고정업무 또는 이동업무와 공유되는 경우에는 아래의 표 S21-3에 제시되어 있는 각 업무와 각 주파수대의 지구국에 의한 송신에도 경우에 따라 적용된다.	전파규칙 S21.12
나. 지구국의 기준방사도 (1) D/λ>100 경우 $G=32-25\log\phi$ dBi $(1^\circ \le \phi < 48^\circ)$ -10 dBi $(48^\circ \le \phi \le 180^\circ)$ (2) D/λ<100 경우 $G=52-10\log(D/\lambda)-25\log\phi$ dBi $(100\lambda/D \le \phi < 48^\circ)$ $10-10\log(D/\lambda)$ dBi $(48^\circ \le \phi \le 180^\circ)$	나. 지구국의 기준방사도(2-30GHz) (1) D/λ>100 경우 $G=32-25\log\phi$ dBi $(\phi_{min} \le \phi < 48^\circ)$ $=-10$ dBi $(48^\circ \le \phi \le 180^\circ)$ (ϕ_{min}=1。 또는 100D/λ。 둘중 더 큰것) (2) D/λ≤100 경우 (1993년 이전에 조정된 위성망중) $G=52-10\log(D/\lambda)-25\log\phi$ dBi $(100\lambda/D \le \phi < 48^\circ)$ $=10-10\log(D/\lambda)$ dBi $(48^\circ \le \phi \le 180^\circ)$	ITU-R 권고 S.465-5

무선설비규칙	비교분석	비고
⑶ 국제 혼신 조정 등에 의해 필요한 경우 아래의 기준치를 적용한 것일 것	⑶ 국제 혼신 조정 등에 의해 필요한 경우 아래의 기준치를 적용	FCC CFR47 § 25.209
G=29-25log φ dBi (1° ≤φ< 7°) -8dBi (7° ≤φ< 9.2°) 32-25log φdBi(9.2° ≤φ< 48°) -10dBi (48° ≤φ≤ 180°)	G=29-25log φdBi (1° ≤φ≤ 7°) = +8dBi (7° <φ≤ 9.2°) =32-25log φdBi(9.2° <φ≤48°) = -10dBi (48° <φ≤ 180°)	
D : 안테나 직경 λ : 파장비 φ : 최대복사 방향으로 부터의 각	D : 안테나 직경 λ : 파장 φ : 최대복사 방향으로 부터의 각	
다. 지구국(우주통신을 행하는 실험국을 포함한다) 송신공중선의 최대복사방향의 앙각은 각각 다음과 같은 값일 것	다. 지구국(우주통신을 행하는 실험국을 포함한다) 송신공중선의 최대복사방향의 앙각은 각각 다음과 같은 값일 것	
(1) 심우주(지구로부터의 거리가 2 ×10⁶㎞ 상에 있는 우주를 말한다)와 관계있는 우주연구업무(과학 또는 기술에 관한 연구나 조사를 위한 우주무선통신업무를 말한다. 이하 같다)를 행할 경우에는 10도 이상	S21.15 2) S21.14 규정의 예외로서 우주연구업무(지구 인접우주)의 지구국 안테나는 10。미만의 앙각에서는 송신에 채용되어서는 아니된다. 이 2개의 앙각의 값은 두 평면으로부터 최대 복사의 방향으로 올려보고 측정한 각의 각도이다. 지구국에 의한 수신의 경우에는 만약 운용 앙각의 각도가 위의 값 이하이면 위의 값이 조정 목적으로 사용되어야 한다.	전파규칙 S21.15
(2) (1)의 우주연구업무 이외의 우주연구업무를 행할 경우에는 5도 이상		전파규칙 S21.15

무선설비규칙	비교분석	비고
(3) 우주연구업무 이외의 우주무선통신업무를 행할 경우에는 3도 이상	S21.14 §5 1) 지구국 안테나는 3。 미만의 앙각, 즉 수평면으로부터 최대복사의 방향을 올려보고 측정한 각의 각도 3。 미만에서는 송신에 채용되어서는 아니된다. 다만, 관계 주관청과 영향을 받을 가능성이 있는 업무를 관할하는 주관청 사이에 합의가 성립된 경우는 제외된다. 지구국에 의한 수신의 경우에는 만약 운용 앙각의 각도가 위의 값 이하이면 위의 값이 조정 목적으로 사용되어야 한다.	전파규칙 S21.14
3. 지상업무용 무선국 운용제한 : 우주무선통신 업무용과 동등한 사용순위를 가지고 있는 대역에서 운용하는 지상업무용 무선국은 아래사항을 준수해야 한다.		전파규칙과 동일
가. 1GHz 10GHz 대역 (1) 최대 등가등방복사전력은 55dBW를 초과하지 않을 것		전파규칙 S.21.3
(2) 안테나에 공급되는 최대 공중선전력은 13dBW를 초과하지 않을 것		전파규칙 S21.5
(3) 최대 등가등방복사전력이 35dBW를 초과하는 경우에는 송신공중선의 최대복사 방향이 정지궤도로부터 2° 이상 벗어날 것		<표 3.2.5> 전파규칙 표 S21.1 참조

무선설비규칙	비교분석	비고
나. 10㎓ 15㎓ 대역 ⑴ 최대 등가등방복사전력은 55dBW를 초과하지 않을 것		전파규칙 S21.3
⑵ 안테나에 공급되는 최대 공중선전력은 10dBW를 초과하지 않을 것		전파규칙 S21.5
⑶ 최대 등가등방복사전력이 45dBW 이상의 경우에는 송신공중선의 최대 복사방향이 정지궤도로 부터 1.5° 이상 벗어날 것		<표 3.2.5> 전파규칙 표 S21-1 참조
4. 이동위성업무등 본 고시에 포함되어 있지 않는 사안은 국제전파규칙 등 관련 국제협약에 따를 것	4. 이동위성업무등 본 고시에 포함되어 있지 않는 사안은 국제전파규칙 등 관련 국제협약에 따를 것	

<table>
<tr><th>무선설비규칙</th><th>비교분석</th><th>비고</th></tr>
<tr>
<td>[별표 8-1] 우주국 등의 전력속밀도의 허용치

<table>
<tr><th>주파수대
(㎓)</th><th>도 래 각
(δ)</th><th>전력속
밀도의
허용치</th></tr>
<tr><td>1. 1.67
1.7</td><td></td><td>-113dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">2. 1.525
2.5</td><td>0도 이상
5도 이하</td><td>-154dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td>5도 이상
25도 이하</td><td>-154+0.5
(δ-5)dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td>25도 이상
90도 이하</td><td>-144dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3. 2.500
2.690

3.400
7.750</td><td>0도 이상
5도 이하</td><td>-152dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td>5도 이상
25도 이하</td><td>-152+0.5
(δ-5)dB
(W/㎡)</td></tr>
<tr><td>25도 이상
90도 이하</td><td>-142dB
(W/㎡)</td></tr>
</table>

1) 도래각(도)은 우주국에서 발사된 전파의 도래방향의 지표면에 있어서의 앙각을 말함.
2) 최대전력속도밀도는 1항은 임의의 1.5㎒, 2항 5항은 4㎑, 6항은 1㎒ 대역폭으로서 자유공간 전파손실의 가정에 의한다(1W를 0dB로 한다)
</td>
<td><표 3.2.3> 전파규칙
표 S21-4 참조</td>
<td><표 3.2.3>
전파규칙
표 S21-4
참조</td>
</tr>
</table>

무선설비규칙	비교분석	비고
[별표 8-2] 지구국의 등가등방복사전력의 허용치 주파수대 (GHz) / 대역폭 / 앙각 (θ) / 등가등방복사전력 1 15 / 4kHz / ≤0° / 40dBW 0<θ≤5° / 40+3θdBW 15 이상 / 1MHz / ≤0° / 64dBW 0<θ≤5° / 64+3θdBW 1) 1 15GHz 대역에서 심우주의 우주연구 업무용으로 사용하는 경우에는 최대등가등방 복사전력은 +55dBW로 한다. 2) 15GHz 이상 대역으로 심우주의 우주연구 업무용으로 사용하는 경우에는 최대 등가등방 복사전력은 +79dBW로 한다. 3) 앙각(θ)은 지구국 공중선의 복사 중심에서 본 지평선과의 각으로 정의함. 4) 1W를 0dB로 한다.	S21.8 1) 지구국에 의하여 수평선을 향하여 발사되는 등가등방복사전력(EIRP)은 어떠한 방향으로 발사되는 것도 S21.10또는S21.11에 규정되어 있는 경우를 제외하고는 아래의 한계값을 초과하여서는 아니된다. a. 1GHz와 15GHz 사이의 주파수대 +40dBW (4kHz 대역, θ≤0。) +40+ 3θdBW (4kHz 대역, 0。 <θ≤5。) b. 15GHz 이상의 주파수대 +64dBW (1MHz 대역, θ≤0。) +64+ 3θdBW (1MHz 대역, 0。 <θ≤5。) S21.10 3) S21.8에 명시되어 있는 전력제한값에 대한 하나의 예외로서 우주연구업무(심우주)의 지구국에 의하여 수평선을 향하여 발사되는 등가등방복사전력은 1GHz와 15GHz사이의 각 주파수대에서는 임의의 어느 1MHz대역에서 +79dBW를 초과하여서는 아니된다.	전파규칙 S21.8 전파규칙 S21.10 전파규칙 S21.10 전파규칙 S21.8

<표 3.2.3> 전파규칙 표 S.21-4(우주국의 전력속밀도의 허용치)

주파수대	업 무	수평면위의 도래각(δ) 및 전력속밀도의 한계값(dBW/m²)			기 준 대역폭
		0° - 5°	5° - 25°	25° - 90°	
1670 - 1700MHz	지구탐사위성 기상위성	- 133			1.5MHz
1525 - 1530MHz (제1지역, 제3지역) 1670 - 1690MHz 1690 - 1700MHz (S5.381및 S5.382) 1700 - 1710MHz 2025 - 2110MHz 2200 - 2300MHz	기상위성 (우주 - 대 - 지구) 우주연구 (우주 - 대 - 지구) 우주연구 (우주 - 대 - 지구) (우주 - 대 - 우주) 지구탐사위성 (우주 - 대 - 지구) (우주 - 대 - 우주)	- 154	- 154 +0.5(δ - 5)	- 144	4kHz
2500 - 2690MHz 2520 - 2670MHz 2500 - 2516.5MHz (S5.404)	고정위성 방송위성 무선측위위성	- 152	- 152 +0.75(δ - 5)	- 137	4kHz
3400 - 4200MHz 4500 - 4800MHz 5670 - 5725MHz (S5.453 및 S5.455) 7250 - 7850MHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구) 기상위성 (우주 - 대 - 지구) 이동위성 우주연구	- 152	- 152 +0.5(δ - 5)	- 142	4kHz
5150 - 5216MHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구)	- 164			4kHz
6700 - 6825MHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구)	- 137	- 137 +0.5(δ - 5)	- 127	1kHz
6825 - 7075MHz	고정위성 (우주 - 대 - 우주)	- 154 및 - 134	- 154 +0.5(δ - 5) 및 - 134 +0.5(δ - 5)	- 144 및 - 124	4kHz 1kHz
8025 - 8500MHz	지구탐사위성 (우주 - 대 - 지구) 우주연구 (우주 - 대 - 지구)	- 150	- 150 +0.5(δ - 5)	- 140	4kHz

※ 이 표는 ITU 전파규칙 표 S.21-4의 조항이므로 개정(안)에는 우리나라에 해당 주파수 대역만 반영함.

주파수대	업 무	수평면위의 도래각(δ) 및 전력속밀도의 한계값(dBW/m²)			기 준 대역폭
		0° - 5°	5° - 25°	25° - 90°	
10.7 - 11.7GHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구)	- 150	- 150 + 0.5 (δ - 5)	- 140	4kHz
11.75 - 12.5GHz (제1지역) 11.7 - 12.2GHz (제2지역) 11.7 - 12.2GHz (제3지역) 12.2 - 12.7GHz (제2지역)	고정위성 (우주 - 대 - 지구) 비정위성궤도	- 148	- 148 + 0.5 (δ - 5)	- 138	4kHz
12.2 - 12.5GHz (제3지역) 12.2 - 12.75GHz (S5.494와 S5.496에 열거된제1지역과 제3지역 국가)	고정위성 (우주 - 대 - 지구)	- 148	- 148 + 0.5 (δ - 5)	- 138	4kHz
15.43 - 15.63GHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구)	- 127	5° 20° :- 127 20° 25° : - 127 + 0.5 (δ - 5)	25° - 29° :- 113 29° - 31° : - 136.9 + 25log (δ - 20) 31° - 90° :- 111	1MHz
17.7 - 19.3GHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구) 기상위성 (우주 - 대 - 지구)	- 115 또는 - 125	- 115 + 0.5 (δ - 5) 또는 - 125 + 0.5 (δ - 5)	- 105 또는 - 105[12]	1MHz
19.3 - 19.7GHz 22.55 - 23.55GHz 24.45 - 24.75GHz 25.25 - 27.5GHz	고정위성 (우주 - 대 - 지구) 지구탐사위성 (우주 - 대 - 지구) 위성간	- 115	- 115 + 0.5 (δ - 5)	- 105	1MHz
31.0 - 31.3GHz 34.7 - 35.2GHz (S5.549에 열거된 국가의 영토상의 S5.550에 언급된 우주국에 의한 우주 - 대 - 지구 송신) 37.0 - 40.5GHz	고정위성 이동위성 우주연구	- 115	- 115 + 0.5 (δ - 5)	- 105	1MHz

<표 3.2.4> 전파규칙 표 S21-3(주파수대에 따른 업무)

주 파 수 대		업 무
2025-2110 MHz		고정위성
5670-5725 MHz	S5.454에 열거된 국가의 S5.453 및 S5.455에 열거된 국가에 대한 한계값	지구탐사위성, 기상위성
5725-5755 MHz	제1지역 : S5.453 및 S5.455에 열거된 국가에 대한 한계값	이동위성, 우주운용
5755-5850 MHz	제1지역 : S5.453 및 S5.455에 열거된 국가에 대한 한계값	우주연구
58507075 MHz		
7900-8400 MHz		
10.7-11.7 GHz	제1지역	
12.5-12.75 GHz	제1지역 : S5.494에 열거된 국가에 대한 한계값	
12.7-12.75 GHz	제2지역	
12.75-13.25 GHz		
14.0-14.25 GHz	S5.505에 열거된 국가에 대한 한계값	
14.25-14.3 GHz	S5.505, S5.508 및 S5.509에 열거된 국가에 대한 한계값	
14.3-14.4 GHz	제1 및 제3지역	
14.4-14.8 GHz		
17.7-18.1 GHz		고정위성
27.0-27.5 GHz	제2 및 3지역	지구탐사위성
27.5-29.5 GHz		우주연구
31.0-31.3 GHz	S5.545에 열거된 국가에 대한 한계값	
34.2-35.2 GHz	S5.549에 열거된 국가에 대하여S5.550에 열거된 국가에 대한 한계값	

<표 3.2.5> 전파규칙 표 S21-1(정지위성궤도로부터의 최소 분리각)

주파수대(GHz)	EIRP값(dBW) (S21.2와 S21.4참조)	정지위성궤도로부터 최소 분리각(도)
1 10	+35	2
10 15	+45	1.5
22.25 27.5	+24 (임의의 어느 1MHz 대역내)	1.5
15GHz 이상의 기타 주파수대	+55	제한 없음

4. 결론

본 절에서는 ITU의 전파규칙 및 권고를 토대로 미국, 일본 및 우리나라의 위성통신관련 법제도 및 기술기준을 살펴보았으며, 이 연구 내용을 기반으로 『우주국 및 지구국의 무선설비』에 관한 기술기준 개정 작업이 수행되었다.

이번 과제는 WRC-2000 결과의 반영 및 현행화가 주요 고려 사항이었으며, 지구국 안테나 복사 패턴 및 우주국의 전력속밀도 허용제한값을 ITU 전파규칙을 고려하여 우리나라 현실에 맞게 개정하였다.

이번 연구를 기반으로 새로운 위성통신 서비스의 도입에 따른 국제 환경 변화 및 항상 새롭게 대두되는 첨단 기술분야의 규제 문제가 국제사회에서 미치는 영향이 얼마나 중요한지를 다시 한번 인식해야 할 것이며, 국제사회에서의 우위를 차지하기 위해 위성통신 분야의 체계적 관리를 위한 전문인력 및 조직의 양성에 대해 검토되어야 할 것이다.

제 4 장 위성망, 지구국 및 지상망 간섭영향 분석 편람

위성자원의 효율적 이용을 위하여 통신시스템간 간섭분석을 수행하게 되는 초보자들을 위하여 위성자원의 개념, 위성망의 국제등록 및 관련규정 등을 소개한다. 또한, 위성망간 또는 위성망과 지구국/지상망, 지구국과 지상망의 간섭영향 분석을 위하여 우리가 이용하고 있는 ITU의 s/w와 이를 응용하여 개발한 tool의 이용방법을 기술한다. 이를 통하여, 새롭게 이러한 업무에 접하는 사람들의 이해를 도와 빠른 업무습득을 유도하고자 한다.

제 1 절 위성전파자원

1. 전파의 정의

가. 국제전기통신연합 (ITU; International Telecommunication Union))

전파규칙(Radio Regulations) S1.5

전파란 "인공적인 유도 없이 공간을 전파하는 3000㎓ 이하의 주파수의 전자파"

나. 우리나라 전파법

전파법 제2조 제1호

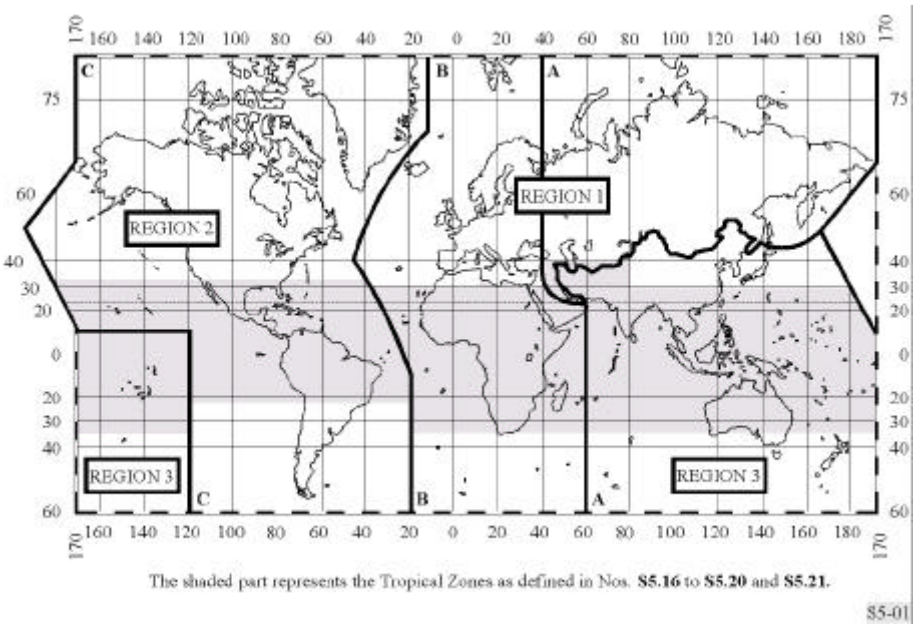
"전파"란 인공적인 유도 없이 공간을 퍼져나가는 전자파로서 국제전기통신연합이 정한 범위 안의 주파수를 가진 것

2. 위성전파자원

위성전파자원은 위성시스템이 이용하는 주파수를 말한다. 위성을 이용한 서비스는 광역성, 신속성, 동보성 등의 장점이 있는 반면, 위성을 이용하여 서비스를 제공하고자 할 경우 주변 통신망 및 방송망과 간섭이 없는 위성궤도 및 주파수의 확보(국제등록)가 전제되어야 한다.

<그림 4.1>에서 보듯이 ITU에서는 전 세계를 3개 지역으로 구분하여 일반적으로 주파수 분배를 하고 있다. 1지역은 유럽, 아프리카, 및 아랍지역이고 2지역은 북, 남미지역이며, 3지역은 우리나라가 속해있는 아시아와 오세아니아지역이다.

ITU는 위성전파자원을 크게 계획된 자원과 비계획된 자원으로 분류하고 있다. 계획된 자원은 각 국가별로 특정 궤도와 특정주파수 대역을 위성방송 및 위성통신용으로 분배하여 놓은 것으로 ITU 전파규칙에 명시되어있다. 이외의 위성자원을 비계획된 자원이라 하며, "First come, first served" 원리에 따라 위성자원을 이용하고자 하는 국가에서 ITU의 국제등록 절차에 따라 ITU에 등록하여 사용한다.



<그림 4.1> ITU의 지역구분

가. 계획된 자원(Planned Resources)

방송위성과 통신위성을 위하여 계획된 자원이 분배되어 있는데 ITU 전파규칙의 Ap S30(방송위성계획), Ap S30A(방송위성의 피더링크계획) 및 Ap S30B(통신위성계획)에 나와있다.

1) **방송위성계획**(Broadcasting Satellite Service Plan : Ap S30)

o **계획결정**

- 1, 3**지역**; WARC-77, WRC-2000, 2**지역**; WARC-83

o **주파수대역**

- 1**지역** : 11.7 12.5GHz
- 2**지역** : 12.2 12.7GHz
- 3**지역** : 11.7 12.2GHz

<**표** 4.1> 11.7-12.75GHz**에 대한** ITU**의 주파수 분배**

<table>
<tr><th colspan="3">Allocation to services</th></tr>
<tr><th>Region 1</th><th>Region 2</th><th>Region 3</th></tr>
<tr><td rowspan="2">11.7-12.5
FIXED
BROADCASTING
BROADCASTING-SATELLITE

MOBILE except aeronautical mobile

S5.487 S5.487A S5.492</td><td>11.7-12.1
FIXED S5.486

FIXED-SATELLITE(space-to-Earth) S5.484A
Mobile except aeronautical mobile
S5.485 S5.488</td><td rowspan="2">11.7-12.2
FIXED

MOBILE except aeronautical mobile
BROADCASTING
BROADCASTING-SATELLITE

S5.487 S5.487A S5.492</td></tr>
<tr><td>12.1-12.2

FIXED-SATELLITE

(space-to-Earth) S5.484A
S5.485 S5.488 S5.489</td></tr>
<tr><td rowspan="2">12.5-12.75

FIXED-SATELLITE
(space-to-Earth) S5.484A
(Earth-to-space)

S5.494 S5.495 S5.496</td><td>12.2-12.7
FIXED

MOBILE except aeronautical

mobile
BROADCASTING
BROADCASTING-SATELLITE
S5.487A S5.488 S5.490
S5.492</td><td>12.2-12.5
FIXED

MOBILE except aeronautical

mobile
BROADCASTING
S5.484A S5.487 S5.491</td></tr>
<tr><td>12.7-12.75
FIXED

FIXED-SATELLITE

(Earth-to-space)

MOBILE except aeronautical

mobile</td><td>12.5-12.75

FIXED

FIXED-SATELLITE

(space-to-Earth) S5.484A

MOBILE except aeronautical

mobile

BROADCASTING-

SATELLITE S5.493</td></tr>
</table>

2) 방송위성용 피더링크 계획(Feeder-Link Plan : Ap S30A)

o 계획결정

- 1, 3지역; WARC-88, WRC-2000
- 2지역; WARC-83, WARC-85

o 주파수대역

- 1, 3지역 : 14.5 14.8GHz(유럽지역 제외), 17.3 18.1GHz
- 2지역 : 17.3 17.8GHz

3) 고정위성업무계획 (Fixed Satellite Service Allotment Plan : Ap S30B)

o 계획결정 : WARC-88

o 주파수대 : C-Band(300㎒), Ku-Band(500㎒)

- 4.5 4.8 / 6.725 7.025㎓
- 10.7 10.95, 11.2 11.45 / 12.75 13.25㎓

나. 비 계획된 자원(Non-Planned Resources)

ITU 전파규칙 S5에 지역별로 주파수에 대한 업무(service)가 분배되어 있다. <표 4.1>은 11.7-12.75GHz의 주파수 분배표를 전파규칙에서 발췌한 것이다. 표에 나와있는 S5.485와 같은 footnote는 주파수 분배내역의 예외 규정이다. 전파규칙 S5의 분배내역에 적합한 주파수를 선정하여 위성망 국제등록절차를 거쳐 사용할 수 있으며, 혼신 등의 전파간섭문제 발생시 위성자원을 선점하여 이용하는 측에 우선권이 있다.

제 2 절 국제등록 절차 및 관련규정

1. 위성망 국제등록 필요성

ITU 헌장 제44조(No.196)에 의거하면 전파규칙에서 정한 절차에 따라 위성자원 (위성궤도와 주파수)의 공평한 이용이 보장되나, "First come, first served" 원칙에 의해 실질적으로 일부 선진국에 의해 위성자원이 독점되고 있는 실정이다. 위성사업의 후발주자들은 이미 위성자원을 확보하여 운영중인 시스템에 간섭을 주지 않는 운영계획을 세워야 국제등

록이 가능하므로, 한정된 전파자원의 선점 확보를 위한 경쟁이 치열하다.

※ 위성망 국제 등록은 이미 등록이 완료되어 운용중이거나, 등록중인 위성망이 속해있는 나라와 조정을 통해 합의한 결과를 ITU에 통보하여 MIFR(Master International Frequency Register)에 등재되므로서 완료된다. 조정이 완료되지 않은 상태에서 위성을 발사하여 상대국에 혼신을 초래할 경우에는 상대 주관청이 요구하면 즉시 운용을 중단하여야 한다.

2. 위성망 국제등록절차

계획된 자원을 이용하는 위성망과 비계획된 자원을 이용하는 위성망의 국제등록 절차는 구별되며, 다음과 같다.

가. 계획된 자원(Planned resources)

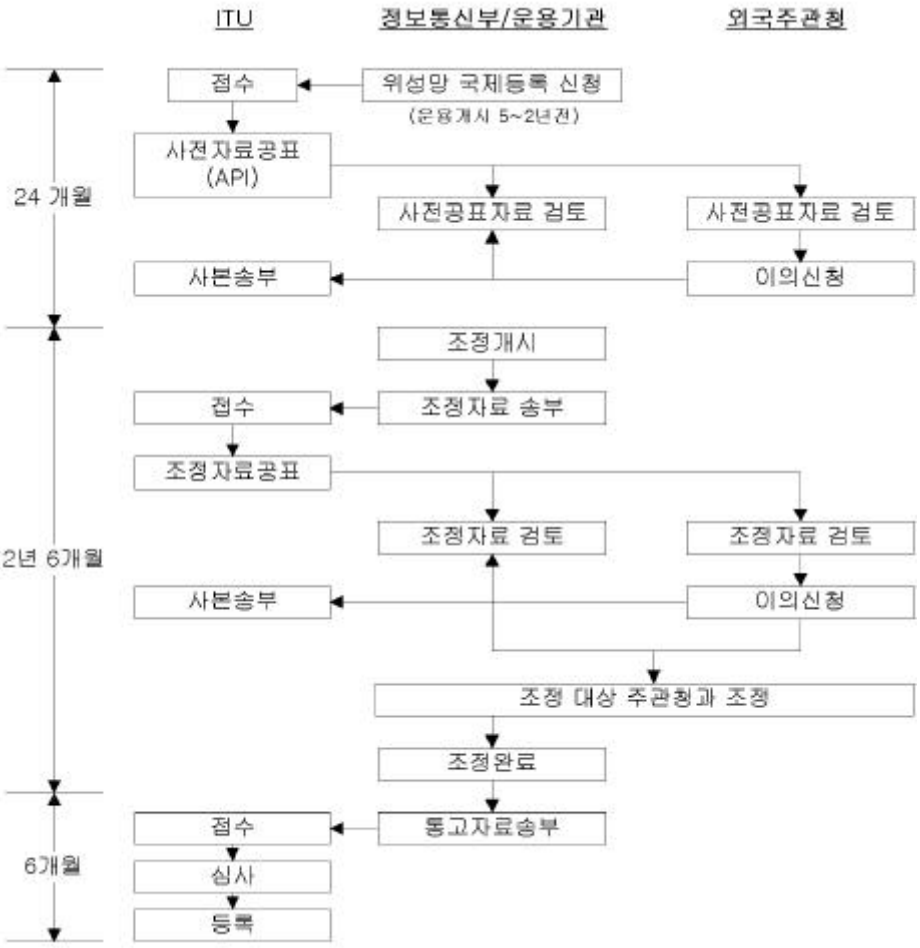
- o 계획된 제원 내에서의 사용 : ITU 통고 후 사용
- o 계획된 제원을 변경하여 사용하고자 할 경우
  - 별도의 조정을 통하여 변경에 의해 영향을 받는 상대 주관청의 동의를 받아야 한다

나. 비계획된 자원(Non-Planned resources)

사전공표, 조정공표, 통고 및 등재의 과정을 통하여 위성망 국제등록이 이루어진다. (<그림 4.2> 참조)

1) 사전공표(API)

전세계 주관청에게 신규 위성망에 대한 정보를 알려줄 목적으로 수행되며, 전파규칙 부록 S4의 양식에 따라 위성망 정보를 위성운용 예정일 5년 전부터 2년전 이내에 ITU 사무국(BR)에 제출해야 한다. 주파수대역 추가 또는 궤도위치를 12^{o}이상 변경하고자하는 경우에도 API 자료를 제출해야한다. 공표자료가 불완전할 경우 BR은 해당 주관청에 보완을 요구하며, 주관청은 수정하여 다시 제출하여야 사전등록이 유효하게 된다.



<그림 4.2> 위성망 국제등록 절차

2) 조정공표(Coordination Publication)

사전공표 접수 후 6개월 이후부터 접수한다. 주관청에서 사전공표자료와 동시에 조정자료를 제출하는 경우 BR에서 접수는 하나 이 경우의 조정자료 접수일은 사전공표자료 접수일의 6개월 이후가 된다.

사전공표자료 접수 후 24개월 이내에 조정자료를 제출하지 않을 경우 사전공표자료는 자동 삭제된다. 지구국 조정의 경우는 위성망 등록과 별개로 사전공표 없이 조정자료를 조정대상국가 및 ITU에 통보하고 조정과정을 거쳐 등록이 완료된다.

조정공표 후 4개월 이내에 각 국의 주관청에서 이의 제기문서를 ITU 및 공표 주관청에 송부하지 않을 경우에는 조정자료를 제출한 신규 위성망의 운용을 기본적으로 동의한 것으로 간주된다.

3) 통고 및 등재(Notification & Recording)

조정 절차를 수행한 후 운용 예정일로부터 3년 전부터 3개월 전까지 통고자료를 ITU에 제출하여야 한하며 ITU BR은 통고서 양식에 기재된 정보(APS4)를 심사한다. 기술적 심사내용은 주파수 분배표 및 관련 규정의 준수 여부, 다른 주관청과의 조정 절차의 준수 여부, 및 다른 주파수 할당으로의 유해한 간섭해소 여부 등이다. 심사가 완료될 경우 BR은 해당 주파수 할당을 주파수등록원부인 MIFR에 등재한다.

3. 기타사항

가. 행정적 이행절차 (Administrative Due Diligence Information)

Paper Satellites(문서상으로만 존재하는 위성)을 방지하고, 실제로 운영할 위성시스템에 대해 위성궤도 및 주파수 분배를 원활히 하자는 취지로, 1997년 11월22일 (1997년 WRC 종료일) 이후에 ITU BR에 접수한 모든 위성망 (Planned Band를 변경하고자 하는 위성시스템 포함)은 사전공표자료 접수일로부터 5년 이내에 위성정보를 제출하여야 한다.

결의49에 따른 제출정보는 위성시스템의 일반정보, 위성제작 정보(제작사명, 계약날짜, 구매 위성수), 위성발사 정보(발사회사명, 계약날짜, 발사예정일, 발사체명, 발사장소) 등으로 정보를 기한내에 제출하지 않으면 위성망 국제등록이 취소된다.

나. 위성망 등록 비용회수 (Satellite Cost Recovery)

각 국에서 앞다투어 위성망 국제등록을 신청하여 ITU BR에 접수된 위성망 등록 자료 처리의 적체는 심각한 수준에 도달하였다. Paper Sat. 방지 및 ITU의 관련업무처리에 드는 비용회수를 위하여 위성망 등록시 비용을 부과하기로 하였다. 단, 아마추어 위성망과 국가당 매년 1개의 위성망에 대해서는 비용부과를 면제하기로 하였다. 이러한

조치는 1998년 11월 7일 (1998년 ITU 전권위원회의 종료일) 이후에 ITU-BR에 접수된 위성망부터 해당된다. 1998년 11월 7일 이전에 접수된 위성망은 비용을 부과하지 않으나, 1998년 11월7일 이후에 변경서를 제출할 경우 누적 변경서 분량이 기본 페이지수를 3배이상 초과할 경우 초과분에 대한 비용을 부담해야 한다.

2001년 12월31일 이후에 ITU 전파국에 접수되는 위성망등록자료(변경자료 포함)에 대해서는 기본료로서 정액요금을 내야한다. ITU전파국에 위성망 등록자료가 접수되었을 때 기본요금 청구서가 발송되며 청구서를 받은 후 최대 6개월내에 지불하여야 하며 기본요금 이외에 발생하는 추가요금은 위성망 등록자료가 발간된 후에 지불한다. 위성망 등록을 위한 기본료로 지불하는 정액요금은 신규자료 또는 변경자료 모두에 해당되나 운용예정일괴 같은 단순수정자료 제출시는 면제된다. (ITU 이사회 결정(decision) 482 참조)

WRC-2000에서 RR 규정에 위성망 등록비용을 납부하지 않은 위성망의 등록을 취소하는 조항을 삽입하였으나, 비용 부과 효과, 개정여부 및 RR 규정발효 여부는 2002년 전권위원회에서 결정하기로 하였다.

제 3 절 전파간섭 분석 TOOL 운용

위성망의 전파간섭 분석을 위해서는 간섭을 주는 위성망과 간섭을 받는 위성망의 제원이 필요하다. 위성망 국제등록을 담당하는 ITU에서는 접수된 모든 위성망을 공표하며 그 위성망들의 DB를 만들어 운용하고 있으며 위성시스템들간의 간섭분석을 위한 s/w도 제공하고 있다. 여기서는 ITU BR의 위성망 DB와 s/w를 소개하고, ITU의 전파규칙 및 권고를 이용하여 우리 나름대로 개발한 tool과 그 사용방법도 설명하고자 한다.

<표 4.2> ITU BR_Soft

tool명	기 능	비 고
Space Query	위성망 제원 검색	http://www.itu.int/brsoft/space/spaceqry/index.html
Space Capture	공표자료(전자문서) 작성	http://www.itu.int/brsoft/space/spacecap/index.html
Space Public	공표자료 출력	http://www.itu.int/brsoft/space/publication/index.html
Gims DB	그래픽데이터	SRS CD
MSPACEg	방송망간 간섭분석	http://www.itu.int/bss/MSPACEg_files.html
SNL	Space Network List	http://www.itu.int/brspace/snl/SNLdescr.html
SNS	Space Networks Systems Database	http://www.itu.int/sns/
IFIC DB	Space International Frequency Information Circular Databases Online	http://www.itu.int/sns/demowic.html 또는 IFIC CD

※ : ITU Telecommunication Information Exchange Service(TIES) user만 이용가능

1. ITU BR의 DB와 BR_soft

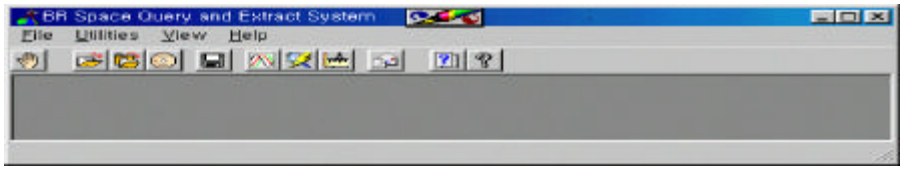
과거에는 사전공표, 조정공표 및 통고 등의 공표매체는 종이문서로 매주 발행되었고 SRS CD를 3월과 9월에 발행하였으나, 2000년부터 전자매체를 이용하여 격주로 pdf와 MDB format의 파일을 IFIC CD(International Frequency Information Circular CD)로 발행하는 것으로 전환하였다. SRS CD는 계속해서 1년에 2번씩 발행하고 있다. 또한, MDB 데이터를 처리 또는 관리하기 위한 BR_Soft (<표 4.2> 참조)를 제공한다. MDB 파일 구성에 대한 설명은 ITU회보 CR/58에 나와있다.

가. BR_Soft 설치

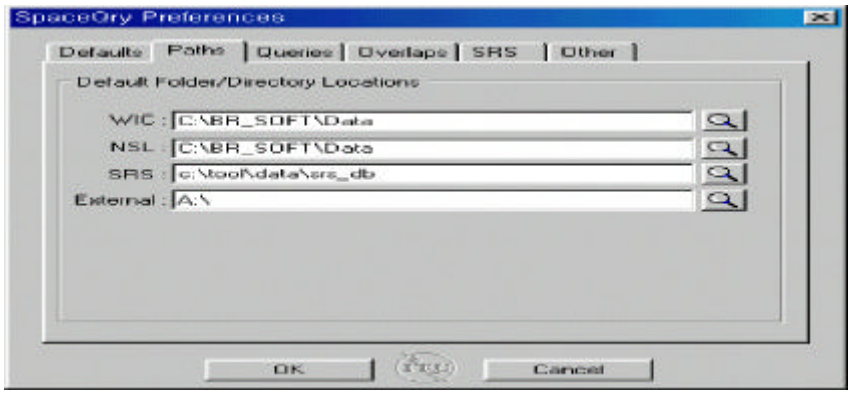
Windows 환경에서 구현가능하며, BR_Soft 운용을 위해서는 MS Office(엑세스) 설치가 필수적이고 MSPACEg s/w는 Windows NT에서 구동된다. S/W 획득 및 업데이트는 ITU 홈페이지, SRS CD 및 IFIC CD를 통하여 가능하며 Gims DB는 SRS CD에만 있으며 유료다.

나. Space Query 운용

☞ **기본화면**

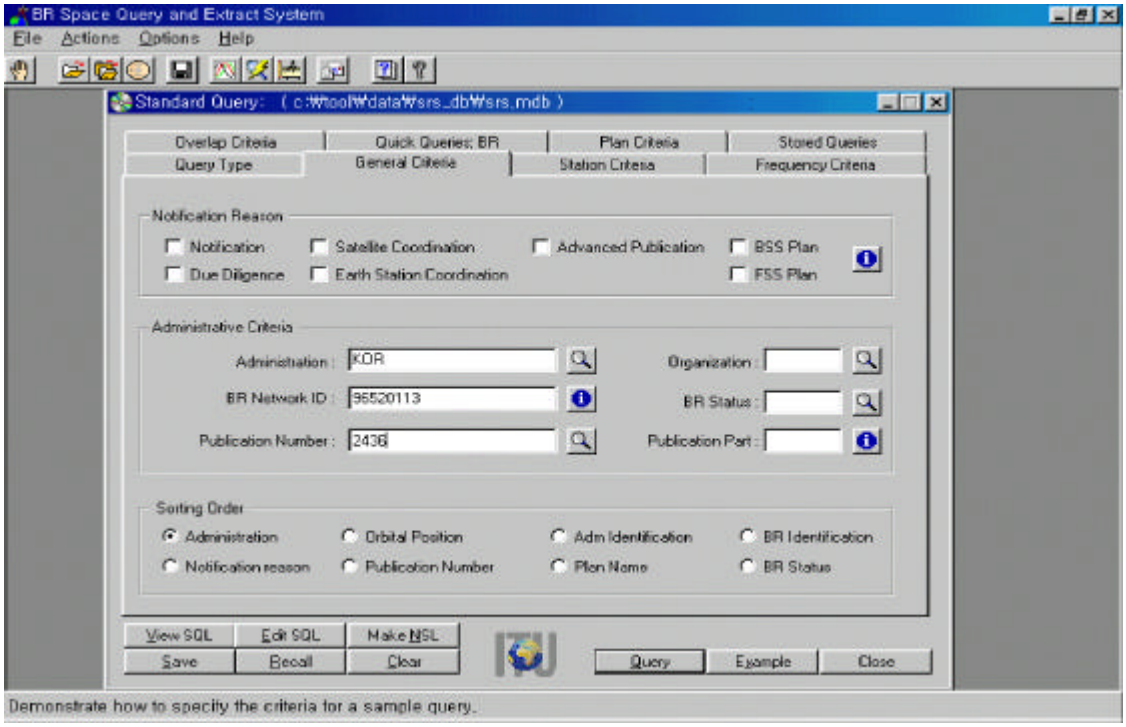


☞ MDB화일 경로설정 : "File"에서 "Preferences" 선택후 "Paths"를 누르면 아래의 화면이 나온다.



☞ **해당위성 검색**

주관청(국가기호, 우리나라의 경우 KOR), Network ID, 공표번호 등을 이용하여 검색할 수 있으며, 검색어 사용에 있어서 필요시 3가지 검색어의 복합적용도 가능하다. 검색어 기입 후 "Query"를 클릭하면 검색을 실행한다.



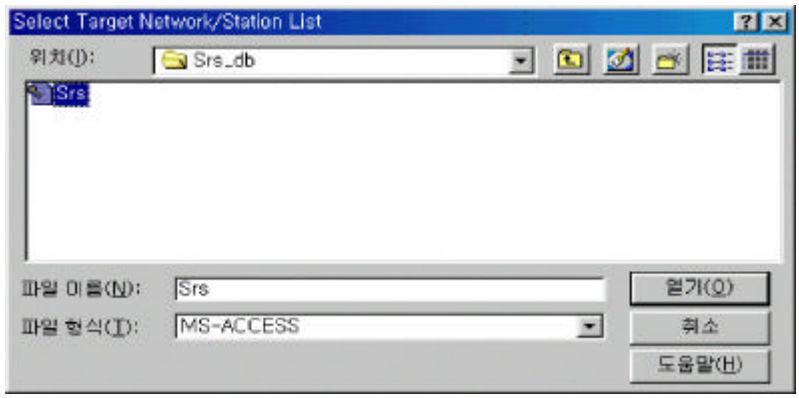
☞ 해당위성의 세부내용은 해당 아이콘을 클릭하면 볼 수 있다.

- Beam name → groups, graphics data, noise-gamma 등

☞ MDB 파일 업데이트

6개월 간격으로 발행되는 SRS 데이터에 격주로 공표되는 신규 위성정보를 업데이트하는 방법이다.

- SRS.MDB 파일을 읽기 및 기록 가능으로 설정
- 신규 공표된 위성정보(swic.mdb)을 활성화(Space Query)
- File → Export → Current Query 선택
- 업데이트 할 대상 SRS.MDB의 경로를 선택 후 열기



2. 전파연구소 이의제기 TOOL

IFIC에 위성망이 공표된지 4개월이내에 관련 주관청에서 이의제기를 하지않으면 공표된 위성망으로부터의 간섭을 허용하는 것으로 간주된다. 이를 방지하기 위해서는 IFIC에 공표되는 모든 위성망에 대하여 간섭분석을 수행하여 간섭여부를 확인하여야 하지만, 수많은 공표위성망에 대한 상세 간섭분석을 처음부터 하는 것은 많은 시간과 인력의 낭비이다. 따라서, 2주마다 IFIC에 공표되는 위성망들과 우리나라의 위성망과의 간섭가능성을 간단히 판단하는 방법으로, 주파수 대역별로 정해진 궤도 이격내에 들어오는 위성망들을 간섭예상 위성망으로 선정하여 공표된지 4개월안에 이의제기를 한다. 구체적인 상세분석은 이의제기를 한 위성망들에 대해서 사업자간 또는 주관청간 위성망 조정회의를 통하여 추후에 단계적으로 하게된다.

이의제기 위성망을 추출하는 정지위성망간의 궤도 이격기준은 ITU RR 기준과 국내기관별 의견을 종합하여, 만일에 있을 간섭가능성을 최대한 배제하면서, 불필요하게 많은 위성망에 이의제기하는 것도 배제하는 선에서 <표 4.3>과 같이 선정하였다. <표 4.3>을 보면 X대역의 경우 궤도 이격기준이 C나 Ku대역보다 넓게 선정되었는데, 그 이유는 전세계적으로 이 대역을 군용으로 많이 사용하고 있어 더 넓은 지역에서 간섭가능성이 예상되기 때문이다.

비정지위성(NGSO)의 경우 주파수대역이 겹치면 모두 이의제기 대상으로 추출하였다. 지상망과의 간섭예상 위성망은 지상망 보호를 위한 기준인 전파규칙 S21을 만족하지 않는 위성망이 선정된다. 전파규칙 S21을 적용받지 않는 위성망의 경우에는 우리나라 지상망과 주파수 대역이 겹치면 이의제기 대상 위성망으로 선정한다.

<표 4.3> 정지위성망간 간섭대상 추출을 위한 궤도 이격 기준

주파수대역	기관별 의견	이격기준
S	HD : ±30도 이내	±40도
L	KT : ±30도 이내	±40도
	HG : ±30도 이내	
	HD : ±30도 이내	
C	KT : ±30도 이내	±30도 (RR APS5 : ±10도)
	HG : ±15도 이내	
	HD : ±30도 이내	
X	KT : ±30도 이내	±40도
	SK : ±25도 이내	
Ku	KT : ±30도 이내	±30도 (RR APS5 : ±9도)
	HG : ±15도 이내	
	HD : ±30도 이내	
Ka/EHF	KT : ±30도 이내	±30도 (RR APS5 : ±8도)
	SK : ±15도 이내	
	HD : ±30도 이내	

HD: 현대, HG:하이게인

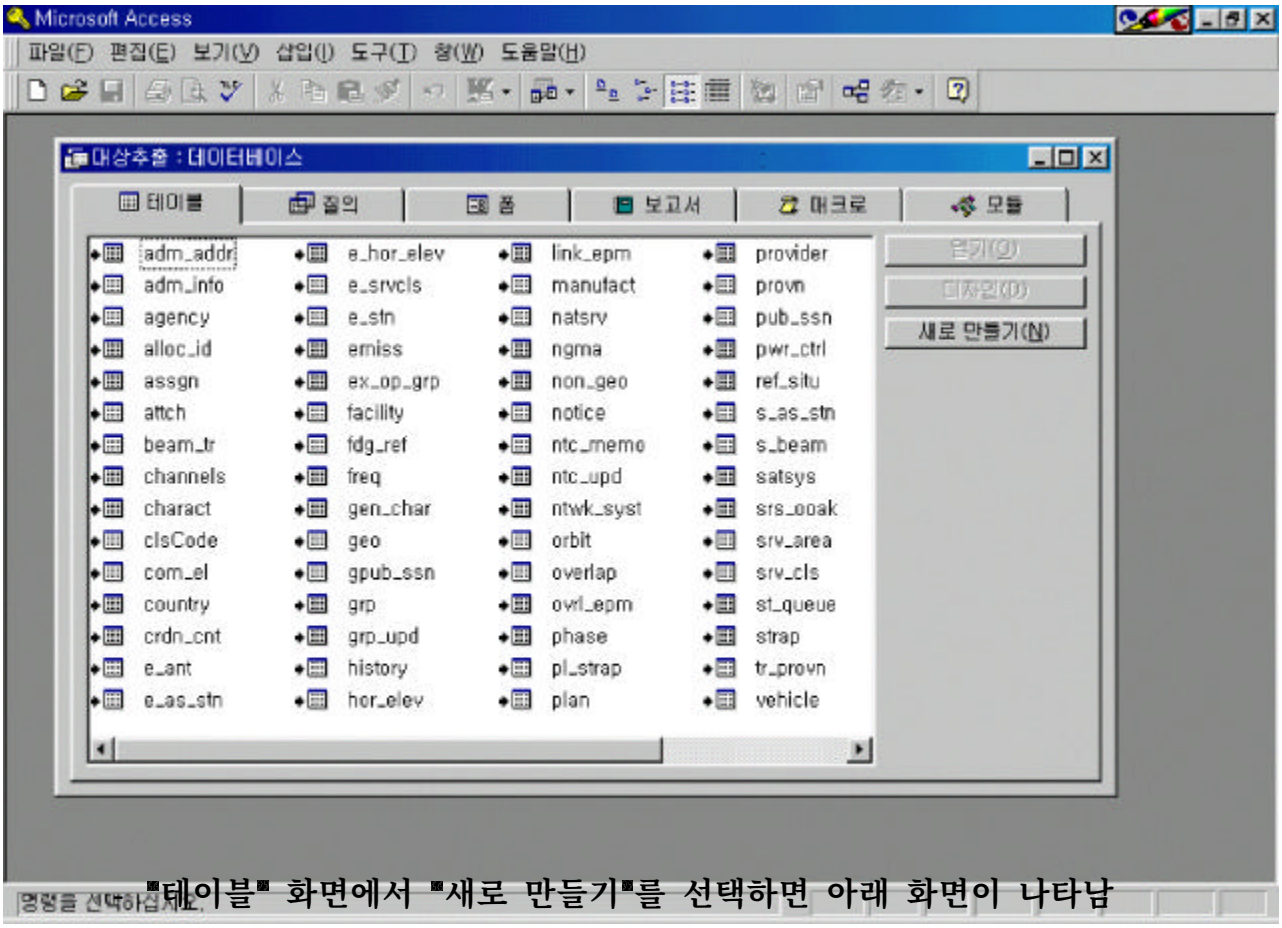
가. 운용환경

o 운용S/W : MS-Office(Access, Excel 병합사용)

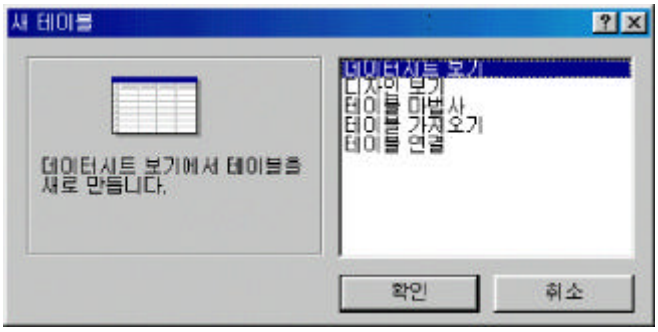
o 원본Data : IFIC(SWIC).MDB 파일(BR 공표)

- IFIC 및 http://www.itu.int/sns/demowic.html

나. 추출TOOL 구현



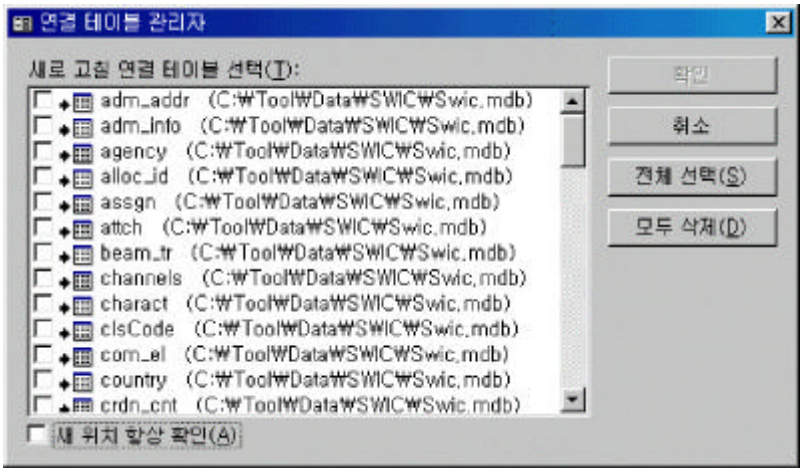
"테이블" 화면에서 "새로 만들기"를 선택하면 아래 화면이 나타남



- "테이블 연결"을 선택 후 대상화일(swic.mdb)을 선정

☞ 테이블 연결의 변경 : 도구→추가기능→연결테이블 관리자 선택

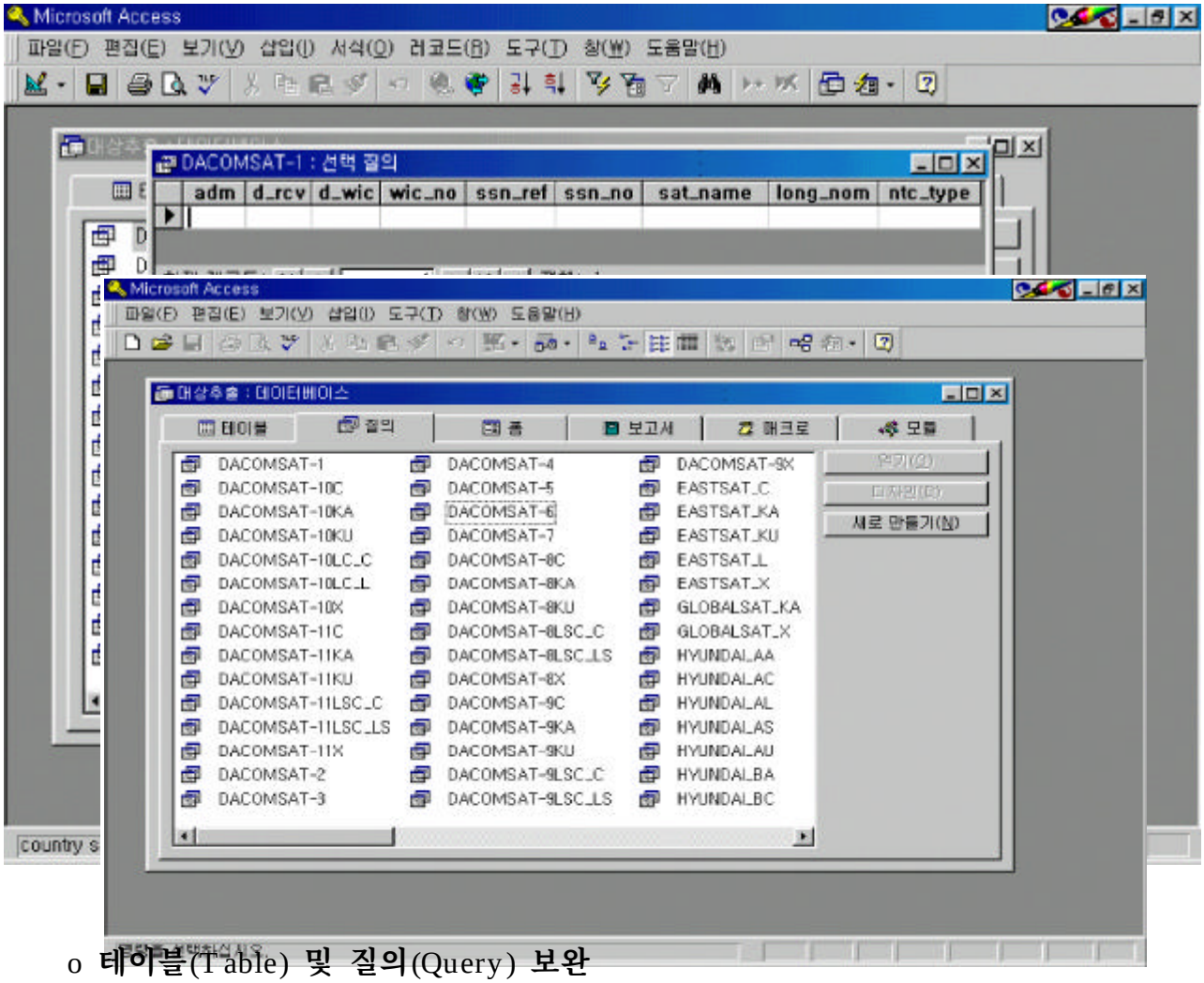
(연결테이블 관리자는 일반적인 ACESS에 추가기능 설치 필요)



☞ **"전체 선택(S)" 및 "새 위치 항상 확인(A)"을 클릭 후 "확인"을 클릭한다 → 새로 연결할 파일선택**

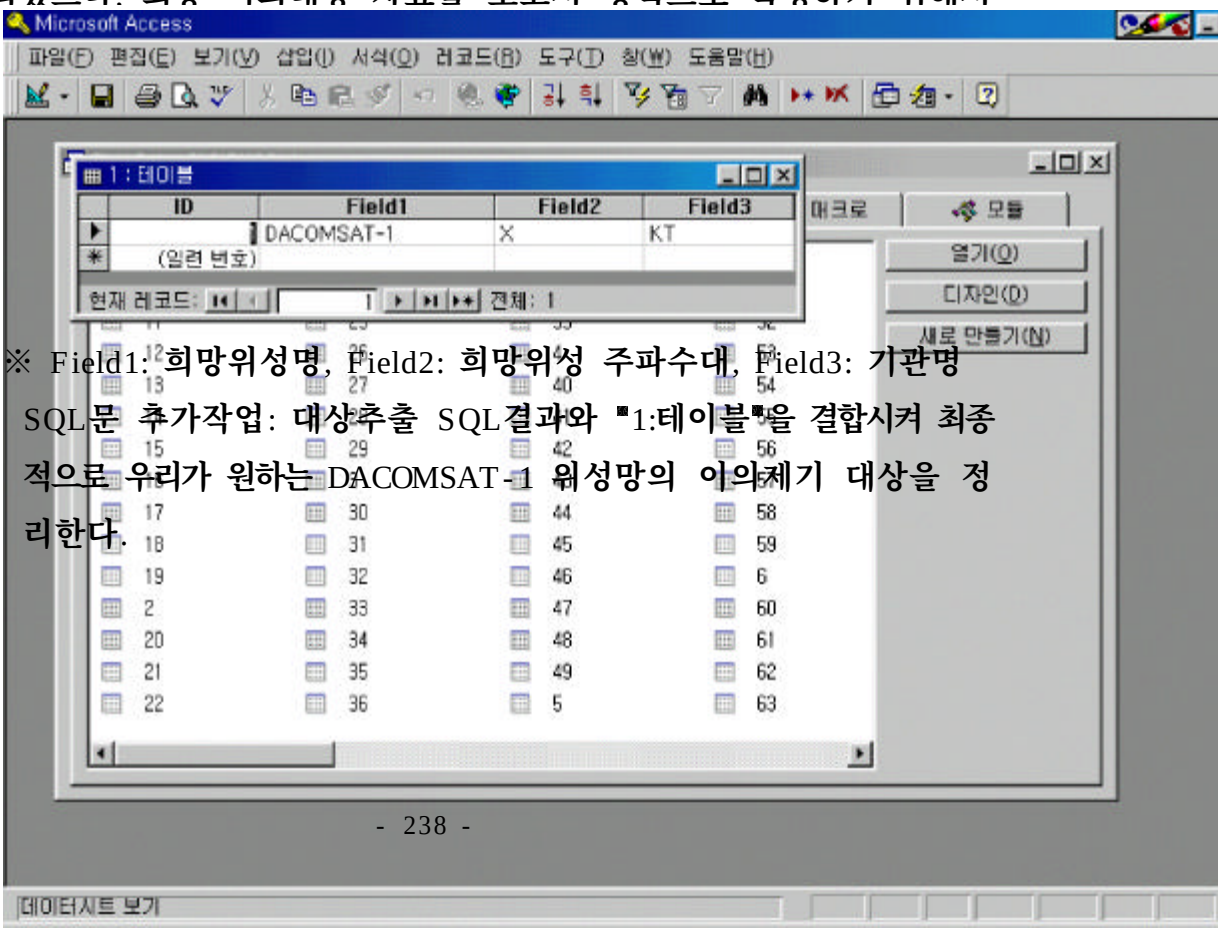
o **질의작성 SQL문 (예 : DACOMSAT-1)**

```
SELECT com_el.adm, notice.d_rcv, notice.d_wic, notice.wic_no, pub_ssn.ssn_ref,
pub_ssn.ssn_no, com_el.sat_name, com_el.long_nom, com_el.ntc_type
FROM (com_el INNER JOIN notice ON com_el.ntc_id = notice.ntc_id) INNER
JOIN pub_ssn ON com_el.ntc_id = pub_ssn.ntc_id
WHERE ((((((com_el.long_nom) Between -180 And -176 Or (com_el.long_nom)
Between 108 And 180)
AND ((com_el.ntc_type)='G')) Or ((com_el.ntc_type)='N'))) AND
((com_el.ntc_id) In (select distinct ntc_id from overlap
        where (((freq_max > 7250.00) and (freq_min < 7266.00))
            or ((freq_max > 7266.00) and (freq_min < 7343.00))
            or ((freq_max > 7349.00) and (freq_min < 7426.00))
            or ((freq_max > 7430.00) and (freq_min < 7466.00))
            or ((freq_max > 7470.00) and (freq_min < 7506.00))
            or ((freq_max > 7510.00) and (freq_min < 7546.00))
            or ((freq_max > 7550.00) and (freq_min < 7586.00))
            or ((freq_max > 7590.00) and (freq_min < 7626.00))
            or ((freq_max > 7630.00) and (freq_min < 7666.00))
            or ((freq_max > 7670.00) and (freq_min < 7706.00))
            or ((freq_max > 7710.00) and (freq_min < 7746.00))
            or ((freq_max > 7900.00) and (freq_min < 7916.00))
            or ((freq_max > 7916.00) and (freq_min < 7993.00))
            or ((freq_max > 7999.00) and (freq_min < 8076.00))
            or ((freq_max > 8080.00) and (freq_min < 8116.00))
            or ((freq_max > 8120.00) and (freq_min < 8156.00))
            or ((freq_max > 8160.00) and (freq_min < 8196.00))
            or ((freq_max > 8200.00) and (freq_min < 8236.00))
            or ((freq_max > 8240.00) and (freq_min < 8276.00))
            or ((freq_max > 8280.00) and (freq_min < 8316.00))
            or ((freq_max > 8320.00) and (freq_min < 8356.00))
            or ((freq_max > 8360.00) and (freq_min < 8396.00)) ))))
ORDER BY com_el.adm, com_el.sat_name, com_el.stn_name, com_el.ntf_rsn;
```



o 테이블(Table) 및 질의(Query) 보완

질의작성 SQL문을 사용하여 이의대상 위성망의 추출 작업이 완료되었으나, 최종 이의대상 자료를 보고서 형식으로 작성하기 위해서

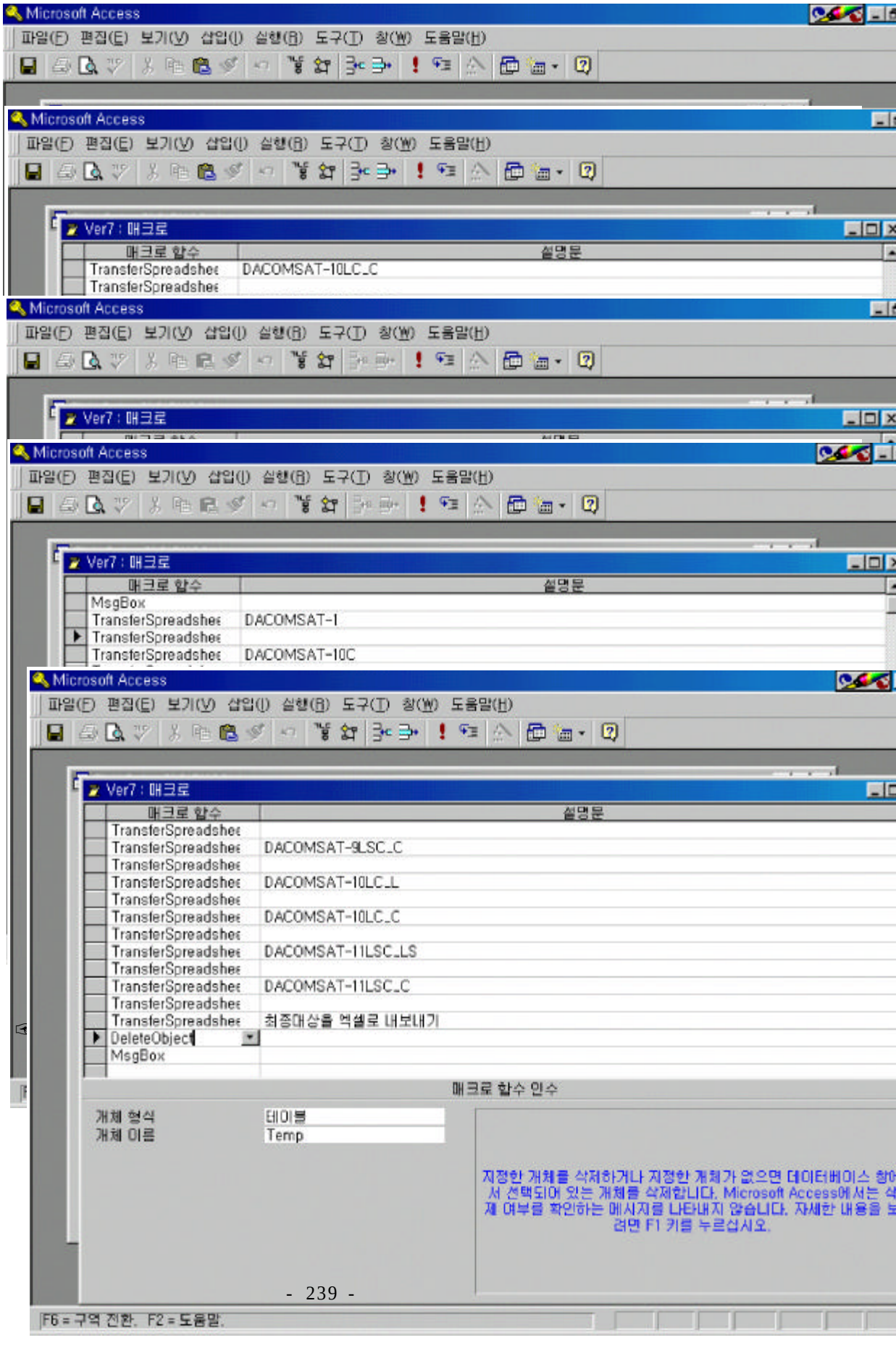


- ※ Field1: 희망위성명, Field2: 희망위성 주파수대, Field3: 기관명

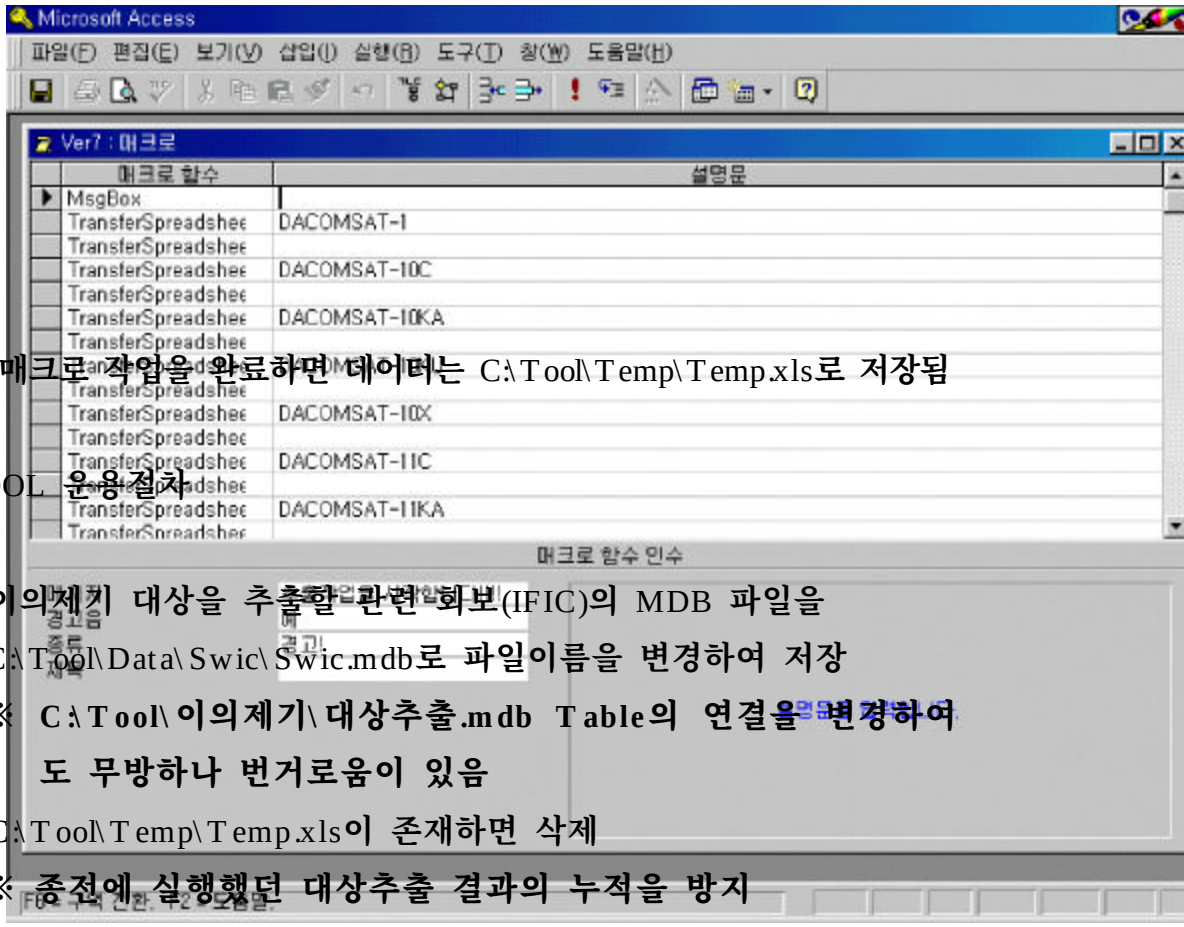
- SQL문 추가작업: 대상추출 SQL결과와 "1:테이블"을 결합시켜 최종적으로 우리가 원하는 DACOMSAT-1 위성망의 이의제기 대상을 정리한다.

```
SELECT [DACOMSAT-1].adm, [DACOMSAT-1].d_rcv,
[DACOMSAT-1].d_wic, [DACOMSAT-1].wic_no,
[DACOMSAT-1].ssn_ref, [DACOMSAT-1].ssn_no, [DACOMSAT-
```

o



☞



※ 매크로 작업을 완료하면 데이터는 C:\Tool\Temp\Temp.xls로 저장됨

o TOOL 운용절차

- 이의제기 대상을 추출할 관련 회보(IFIC)의 MDB 파일을 C:\Tool\Data\Swic\Swic.mdb로 파일이름을 변경하여 저장

  ※ C:\Tool\이의제기\대상추출.mdb Table의 연결을 변경하여도 무방하나 번거로움이 있음

- C:\Tool\Temp\Temp.xls이 존재하면 삭제

  ※ 종전에 실행했던 대상추출 결과의 누적을 방지

- C:\Tool\이의제기\대상추출.mdb를 활성화 한 후 매크로(Macro)의 Ver7 더블 클릭
- C:\Tool\Temp\Temp.xls을 활성화 함
- C:\Tool\이의제기\최종결과.xls를 활성화함
- 결과내용을 블록 복사한 후 C:\Tool\이의제기\보고자료.xls에 선택하여 붙여 넣기(값)함

  ※ 데이터의 내용변경은 없으며 다만, 보고자료 작성에 따른 글자크기, 정렬, 페이지 설정 등 편집을 생략하기 위함

- 추가 편집이 필요한 경우(예 : 국가별, 위성망별 Sort 등) 작업을 완료함
- 모든 활성화된 창을 닫음

3. GSO 위성망 제원추출 Tool

종전의 주간회보 공표자료(종이)는 주파수대별, 캐리어별, 상대 지구국별 등 모든 경우를 고려하기에는 작업량이 너무나 방대하여 Worst Case를 고려하여 분석하였으나, 위성망 국제등록에 따른 GSO 위성망간 간섭영

향 평가를 위한 제원 추출을 전자 파일을 이용하여 용이하게 처리함으로써 간섭분석업무를 효율적으로 추진할 수 있다

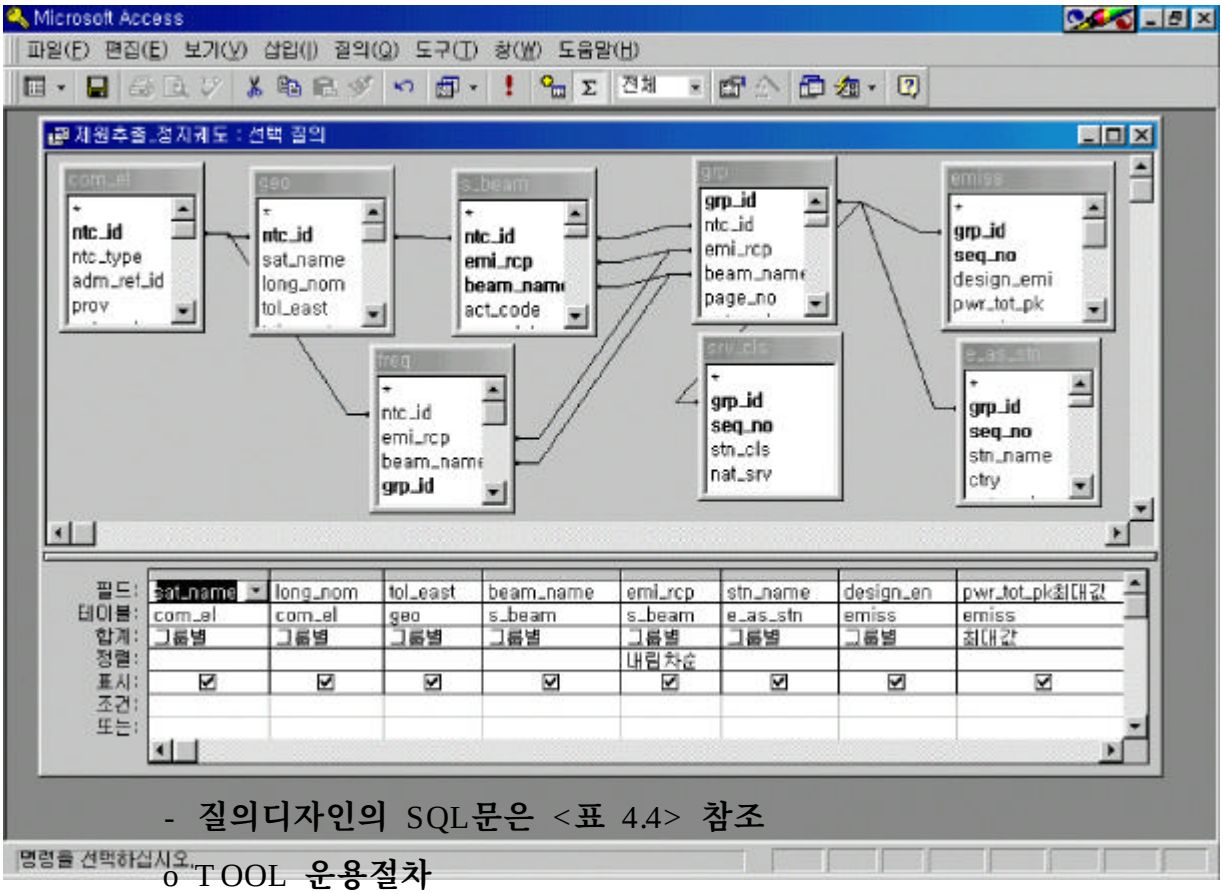
가. TOOL 구성

o Table 구성; 이의제기대상 추출의 Table 연결과 동일한 방법으로 원본데이터에 연결

o 질의(Query) 작성

- Table 구성요소 중 간섭영향 분석에 필요한 파라미터(Parameter)를 추출

- 각 Table 간의 Join 설정에 따라 출력 값에 많은 영향이 있으므



- 질의디자인의 SQL문은 <표 4.4> 참조

o TOOL 운용절차

- 제원을 추출할 원본데이터(MDB 파일)를 C:\Tool\Data\Srs\Srs.mdb 위치에 있도록 함

※ 경로설정에 있어 Table의 연결을 변경하여도 무방하나 번거로움이 있음

- C:\Tool\Temp\Temp1.xls이 존재하면 삭제

※ 종전에 실행했던 제원추출 결과의 누적을 방지

<표 4.4> 질의디자인의 SQL문

```
SELECT com_el.sat_name, com_el.long_nom, geo.tol_least,
            s_beam.beam_name, s_beam.emi_rcp, e_as_stn.stn_name,
            emiss.design_emi, Max(emiss.pwr_tot_pk) AS
            pwr_tot_pk최대값, Min(emiss.pwr_tot_pk) AS
            pwr_tot_pk최소값, Min(emiss.pwr_min_pk) AS
            pwr_min_pk최소값, Max(emiss.pwr_ds_max) AS
            pwr_ds_max최대값, Min(emiss.pwr_ds_max) AS
            pwr_ds_max최소값, Min(emiss.pwr_ds_min) AS
            pwr_ds_min최소값, s_beam.gain, e_as_stn.gain,
            e_as_stn.ant_type, e_as_stn.bmwdth, emiss.c_to_n,
            Min(freq.freq_min) AS freq_min최소값, Max(freq.freq_max)
               AS freq_max최대값, srv_cls.stn_cls

FROM ((((com_el INNER JOIN ((s_beam INNER JOIN grp ON
            (s_beam.ntc_id = grp.ntc_id) AND (s_beam.beam_name =
            grp.beam_name) AND (s_beam.emi_rcp = grp.emi_rcp))
            INNER JOIN freq ON (grp.beam_name = freq.beam_name)
            AND (grp.emi_rcp = freq.emi_rcp)) ON com_el.ntc_id =
            freq.ntc_id) INNER JOIN emiss ON grp.grp_id =
            emiss.grp_id) INNER JOIN e_as_stn ON grp.grp_id =
            e_as_stn.grp_id) INNER JOIN geo ON (geo.ntc_id =
            s_beam.ntc_id) AND (com_el.ntc_id = geo.ntc_id)) INNER JOIN
            srv_cls ON grp.grp_id = srv_cls.grp_id

GROUP BY com_el.sat_name, com_el.long_nom, geo.tol_least,
            s_beam.beam_name, s_beam.emi_rcp, e_as_stn.stn_name,
            emiss.design_emi, s_beam.gain, e_as_stn.gain,
            e_as_stn.ant_type, e_as_stn.bmwdth, emiss.c_to_n,
            srv_cls.stn_cls, com_el.ntc_id

HAVING (((com_el.ntc_id)=[제원을 추출할 위성망ID를 입력하세요
                ( 예 : 96520113 )]))

ORDER BY s_beam.emi_rcp DESC , s_beam.beam_name, emiss.design_emi,
            e_as_stn.stn_name;
```

- C:\Tool\제원추출\제원추출_Srs.mdb를 활성화한 후에 매크로(Macro)의 제원추출_정지궤도를 더블 클릭

- C:\Tool\Temp\Temp1.xls 및 C:\Tool\제원추출\최종제원.xls를 활성화
- Temp1.xls의 Sheet1의 결과내용을 블록 복사한 후 정형화된 폼 시트(최종제원.xls)에 선택하여 붙여 넣기(값)함
  ※ 데이터의 내용변경은 없으며 다만, 보고자료 작성에 따른 글자크기, 정렬, 페이지 설정 등 편집을 생략하기 위함
- 다른 위성망 제원의 추출에 대비하여 본 내용을 다른 이름으로 저장하여 관리함

제 4 절 전파간섭영향 분석

이 절에서는 위성망간의 간섭량을 정량적으로 분석하는 방법을 설명하고자 한다. 먼저, 정지궤도 통신위성망간 간섭분석을 간략히 하는 방법으로 잡음온도 증가량(△T/T)을 계산할 수 있다. △T/T가 6%를 초과하면 간섭이 있는 것으로 간주한다. 상세 계산으로는 링크버짓을 이용하여 상·하향 위성링크의 파라메터 값에 의한 C/N을 계산한 후, 희망신호 대 잡음신호(C/I)를 계산한다. C/I값이 제공코자 하는 서비스의 C/I_{req}를 충족하는지 비교하여 간섭여부를 판단한다. 지구국 조정자료 분석으로서는 지구국과 지상망간의 간섭전력을 산출하여 간섭허용 한계레벨과 비교하여 간섭여부를 가린다. 끝으로 이러한 분석을 하는데 이용되는 수식들과 계산 예를 보여준다.

1. 잡음온도 증가량(△T/T)

1) 상향 주파수대가 중복될 경우(신호의 종점 : 위성체)

※ 예 : *Telecommand*

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\triangle Ts}{Ts} = \frac{P'e \quad G'_1(\blacksquare) \quad G_2(\blacksquare)}{k \quad L_U \quad T_S}$$

2) 상향 주파수대가 중복될 경우(신호의 종점 : 지구국)

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\blacksquare \triangle Ts}{T} = \frac{\blacksquare P'e \quad G'_1(\blacksquare) \quad G_2(\blacksquare)}{k \quad L_U \quad T}$$

3) **하향 주파수대가 중복될 경우(신호의 시작 : 위성)**

※ ***예*** : *Telemetry*

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\triangle Te}{Te} = \frac{P's \quad G'_3(\blacksquare) \quad G_4(\blacksquare)}{k \quad L_D \quad Te}$$

4) **하향 주파수대가 중복될 경우(신호의 시작 : 지구국)**

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\triangle Te}{T} = \frac{P's \quad G'_3(\blacksquare) \quad G_4(\blacksquare)}{k \quad L_D \quad T}$$

5) **상/하향 주파수대가 중복될 경우**

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\triangle Te}{T} + \frac{\blacksquare\triangle T_S}{T} = \frac{P's \quad G'_3(\blacksquare) \quad G_4(\blacksquare)}{k \quad L_D \quad T} + \frac{\blacksquare P'e \quad G'_1(\blacksquare) G_2(\blacksquare)}{k \quad L_U \quad T}$$

6) **상향(희망)과 하향(상대) 주파수대가 중복될 경우**

$$\frac{\triangle T}{T} = \frac{\blacksquare\triangle T_S}{T} = \frac{\blacksquare \quad P's \quad G'_5(\blacksquare) \quad G_6(\blacksquare)}{k \quad L_S \quad T}$$

※ 관련용어설명

$P's$: **상대위성송신전력밀도**(dBw/Hz)

$P'e$: **상대지구국송신전력밀도**(dBw/Hz)

$G'_1(\blacksquare)$: **상대지구국 희망위성방향 편각이득**(dBi)

$G_2(\blacksquare)$: **희망위성 상대지구국방향 편각이득**(dBi)

$G'_3(\blacksquare)$: **상대위성 희망지구국방향 편각이득**(dBi)

$G_4(\blacksquare)$: **희망지구국 상대위성방향 편각이득**(dBi)

$G'_5(\blacksquare)$: **상대위성 희망위성방향 편각이득**(dBi)

$G_6(\blacksquare)$: **희망위성 상대위성방향 편각이득**(dBi)

k : **볼쯔만상수**$(1.38\times10^{-23} = -228.6dB)$

L_U : **상향링크공간손실(상대지구국→희망위성)**

L_D : 하향링크공간손실(상대위성→희망지구국)

L_S : 위성간공간손실(상대위성→희망위성)

T (희망위성의 등가잡음온도) = $\gamma T_S + T_e$

T_e : 희망지구국 수신시스템 잡음온도

T_S : 희망위성 수신시스템 잡음온도

γ : 전송이득

※ 각 시스템의 편파를 알고 있을 경우, 편파계수(Y)를 포함하여 잡음온도를 구할 수 있다.

$$\triangle T = \gamma \triangle T_S / Y_u + \triangle T_e / Y_d$$

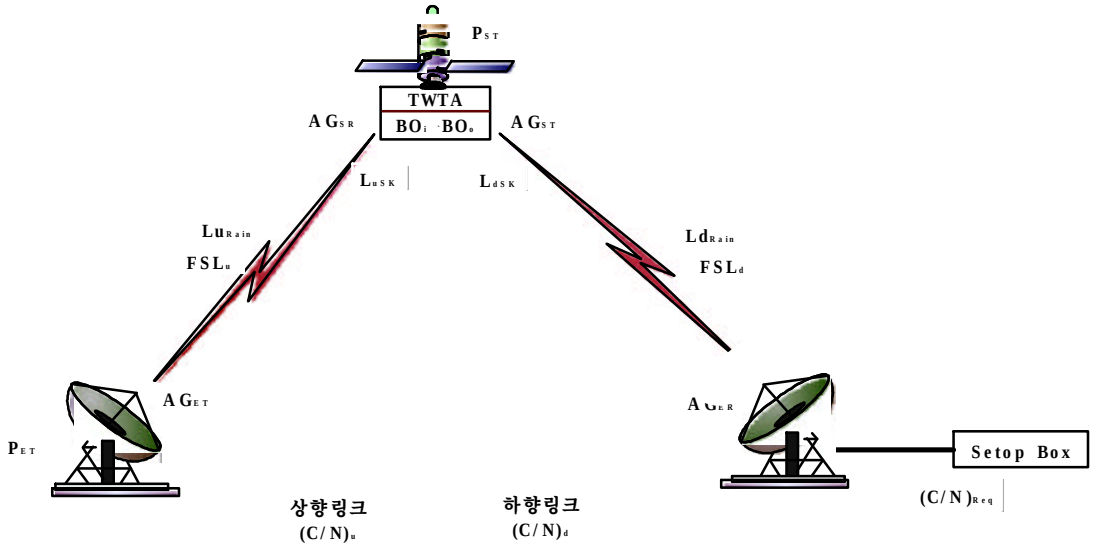
편 파		편파계수(Y)
희망위성	상대위성	
LHC	RHC	4
LHC	L	1.4
RHC	L	1.4
LHC	LHC	1
RHC	RHC	1
L	L	1

※ LHC=Left-hand Circular, RHC=Right-hand Circular, L=Linear

※ 희망위성 및 상대위성시스템의 편파가 명확히 정의된 경우에만 고려

2. C/I 계산

1) 개 념 도



2) 계 산 식

$$(C/N)_u = P_{ET} + AG_{ET} + AG_{SR} - FSL_u - L_{URain} - L_{uSK} - BOi - 10\log(KT_uB)$$

$$= PFD - 10\log(\frac{4\pi f_u^2}{c^2}) + AG_{SR} - L_{URain} - L_{uSK} - BOi - 10\log(KT_uB)$$

$$(C/N)_d = P_{ST} + AG_{ST} + AG_{ER} - FS_{Ld} - L_{dRain} - L_{dSK} - BO_o - 10\log(KTB)$$

$$(C/N)total = -10\log[\ 10^{-(C/N)u} + 10^{-(C/N)d}\ ]$$

$$(\frac{C}{N}) = (\frac{Eb}{No})(\frac{Fb}{B}), \qquad \boldsymbol{C/I = C/N + PR}$$

P_ET ; **지구국 송신 전력**
AG_ET ; **지구국 송신 안테나 이득**
AG_SR ; **위성 수신 안테나 이득**
FSL_u ; **자유공간 손실**
L_uRain ; **강우 손실**
L_uSK ; Station Keeping**에 의한 손실**
BOi;**입력** Back-offs, BOo; **출력** back-offs
K; **볼쯔만 상수**, T_u ; **잡음온도**, B; **대역폭**
Eb; bit energy, No; **잡음 전력**, Fb; information bit rate
PR; Protection Ratio

3) 간섭분석의 개념

지상망 또는 위성망 등 희망하는 무선국이 양질의 서비스를 구현하기 위해 다른 무선국과의 주파수 공유(Share)가능성을 분석한다. 희망신호 세기와 간섭신호 세기를 산출하여 희망 무선국의 C/I_{req} (또는 간섭허용 한계레벨)을 만족하는지 여부를 확인한다.

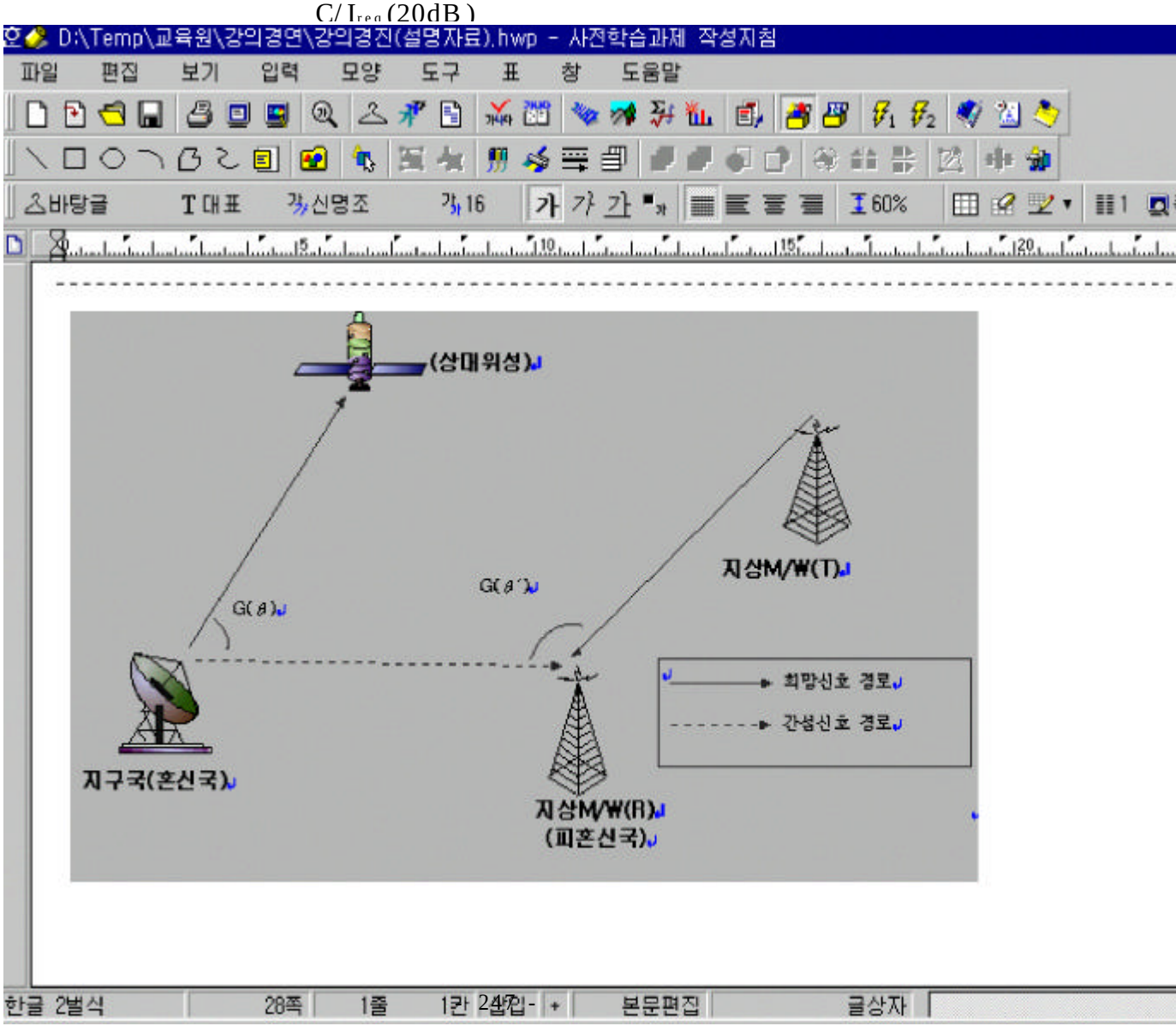
o 간섭영향 평가

- $C/I_{req} \geq C/I$ 또는 허용한계레벨 $\leq$ 간섭신호레벨
  : 간섭영향 있음
- $C/I_{req} < C/I$ 또는 허용한계레벨 $>$ 간섭신호레벨
  : 간섭영향 없음

※ C/I, C/I_{req} 및 한계레벨과의 관계 고찰

신호레벨(100dB)

C/I_{req}(20dB)



나. 조정영역도

1) 개념정리

o 지구국과 지상망간 공유 가능성을 알아보기 위한 방법으로 ITU에서 제공하고 있는 ApS7 S/W를 사용하여 조정영역도(Coordination Contours) 산출 (세부내용 : 전파연구소 연구보고서 참조('93년도))

o 조정영역 내에 지상망이 있을 경우 조정 필요

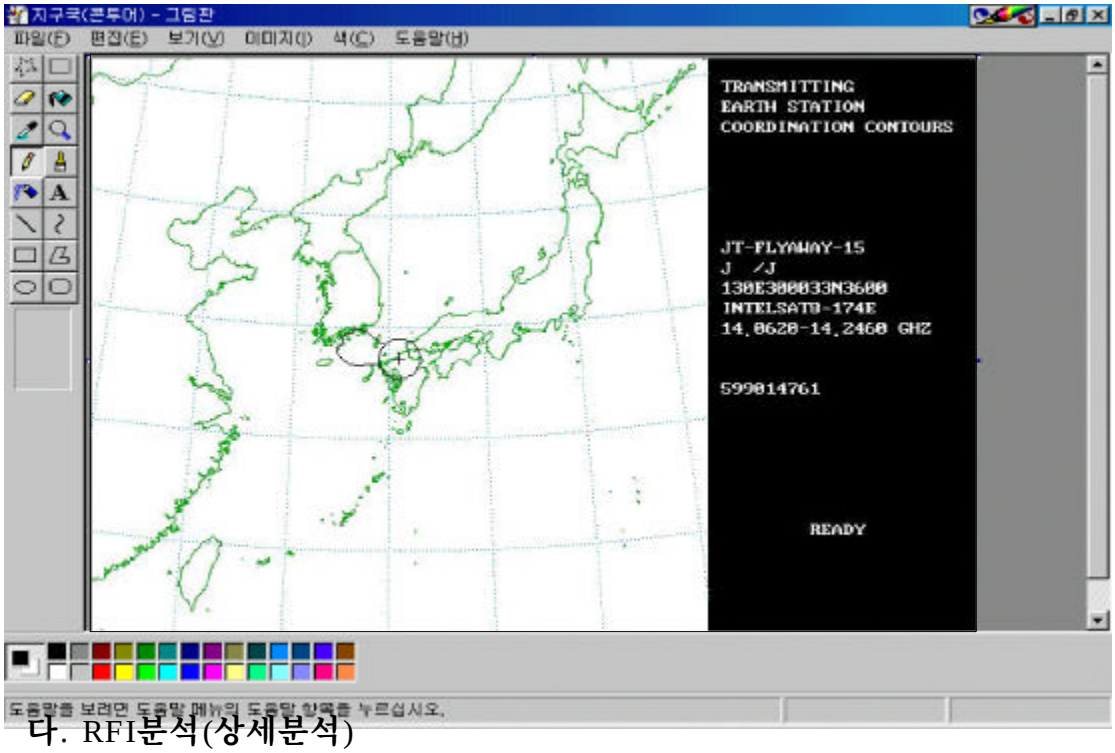
- 실 선(전파모드1)

  덕트(Duct) 및 초굴절 등 대류권 전파에 의한 조정영역

- 점 선(전파모드2)

  강우산란에 의한 조정영역

※ 조정영역은 실선과 점선 중 외곽지점으로 하며, 조정영역 내에 지상망이 위치한다고 해서 반드시 간섭영향이 있는 것은 아님



다. RFI분석(상세분석)

(RFI : Radio Frequency Interference)

1) 지구국으로부터 지상시스템으로의 간섭영향

o 간섭허용 한계레벨

- 제조업체(또는 운용업체) 제공

o 간섭전력 산출

$$P(\quad) = P(t) + G(\quad) - FSL_{(e \Rightarrow m)} + G(\quad') \quad etc$$

2) 지상시스템으로부터 지구국으로의 간섭분석

o 희망전력 산출

$$P(s \quad e) = P(s) + G(s) - FSL_{(s \quad e)} + G(e) \quad etc$$

o 간섭전력 산출

$$P(\quad) = P(t) + G(\quad) - FSL_{(m \quad e)} + G(\quad') \quad etc$$

4. 일반식 고찰

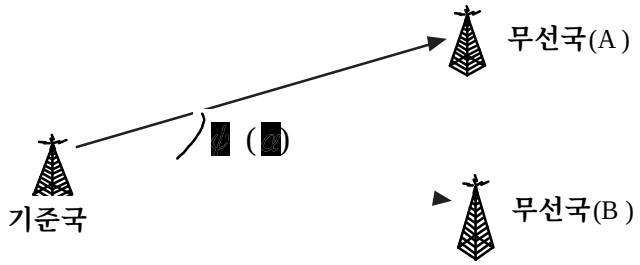
여기서는 1. 잡음온도 증가량, 2. C/I계산 및 3. 지구국 조정자료분석을 하는데 필요한 식들의 구체적인 계산방법 및 계산 예를 보여준다.

가. 기준국에 대한 두 무선국간 각도 결정

o 안테나의 주빔 방향 이외의 임의의 방향에 대한 이득을 산출할 경우

o 주빔에 대한 *Off Axis Angle*[( )]을 산출하여 안테나이득을 결정

o 개 념 도



o 계 산 식

$$(\quad) = \cos^{-1}[\cos \quad \cos \quad_s \cos(\quad - \quad_s) + \sin \quad \sin \quad_s]$$

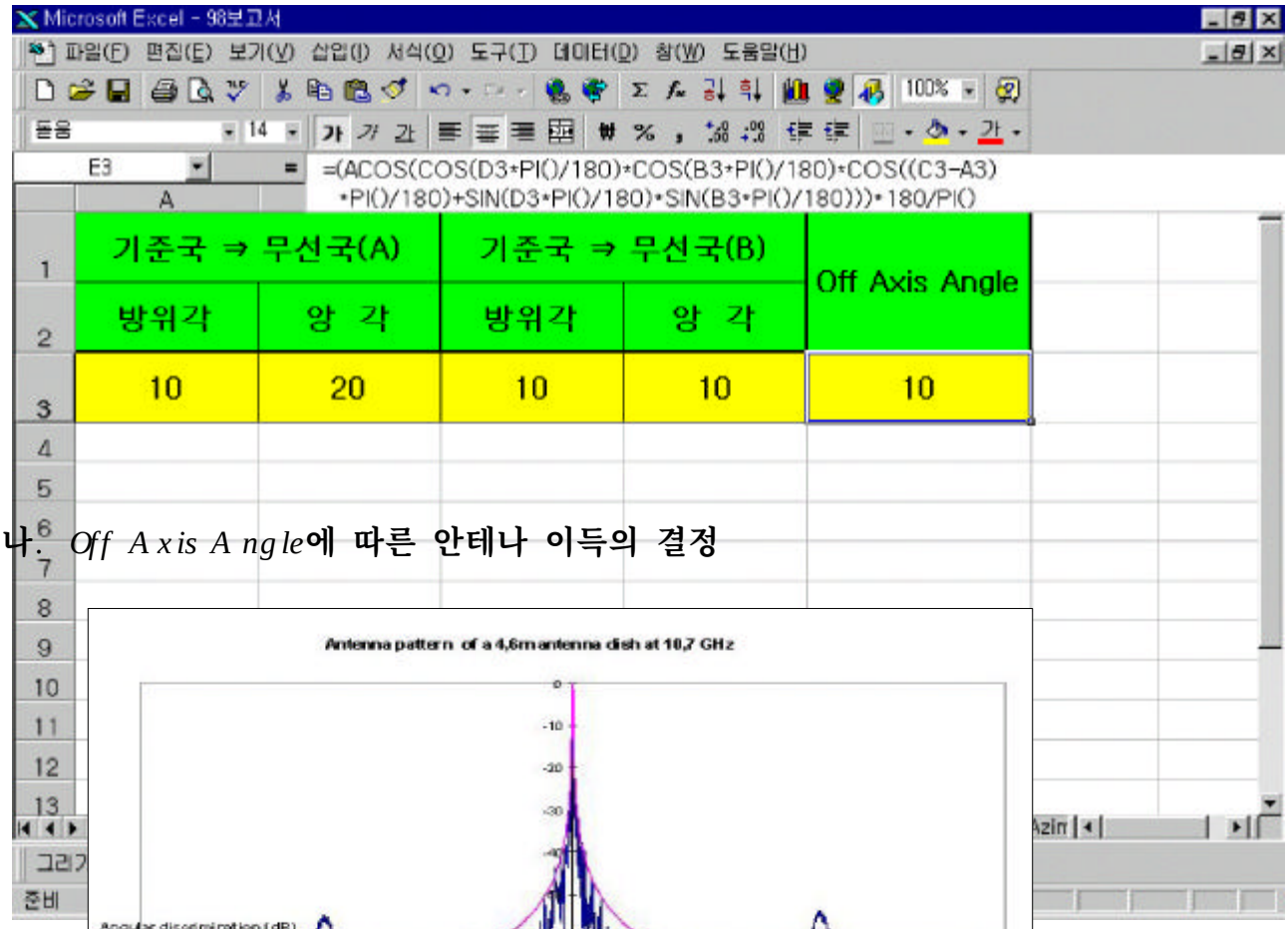
여기서,

( ) : 해당하는 두 방향사이의 각도(*Off Axis Angle*)

$_s$: 기준이 되는 국에서 본 방위각 (라항참조)

ϕ_s : 기준이 되는 국에서 본 앙각 (다항참조)

θ : 기준이 되는 국에서 임의방향에 대한 방위각 (라항참조)



나. *Off Axis Angle*에 따른 안테나 이득의 결정

[안테나 방사패턴 예시]

o 주빔과 상대방향에 대한 *Off Axis Angle*(편각 및 입사각)에 따른 안테나 이득은 안테나의 패턴에 의해 결정됨

o 안테나 패턴은 일반적으로 전파규칙, 권고 등에서 정의된 패턴을 사용(이외에는 조정자료에 안테나 패턴 제시)

o 일반적인 안테나 패턴(세부내용 : 별첨참조)

- AP S7(AP28), AP S8(AP29), AP 30B, Rec. S465, Rec. S580, FCC 규정 등

o 계 산 식(ITU-R Rec. S465의 경우)

☞ $\theta_{min} \leq \theta < 48^{o}$일 경우 $G(\theta) = 32 - 25\log\theta$

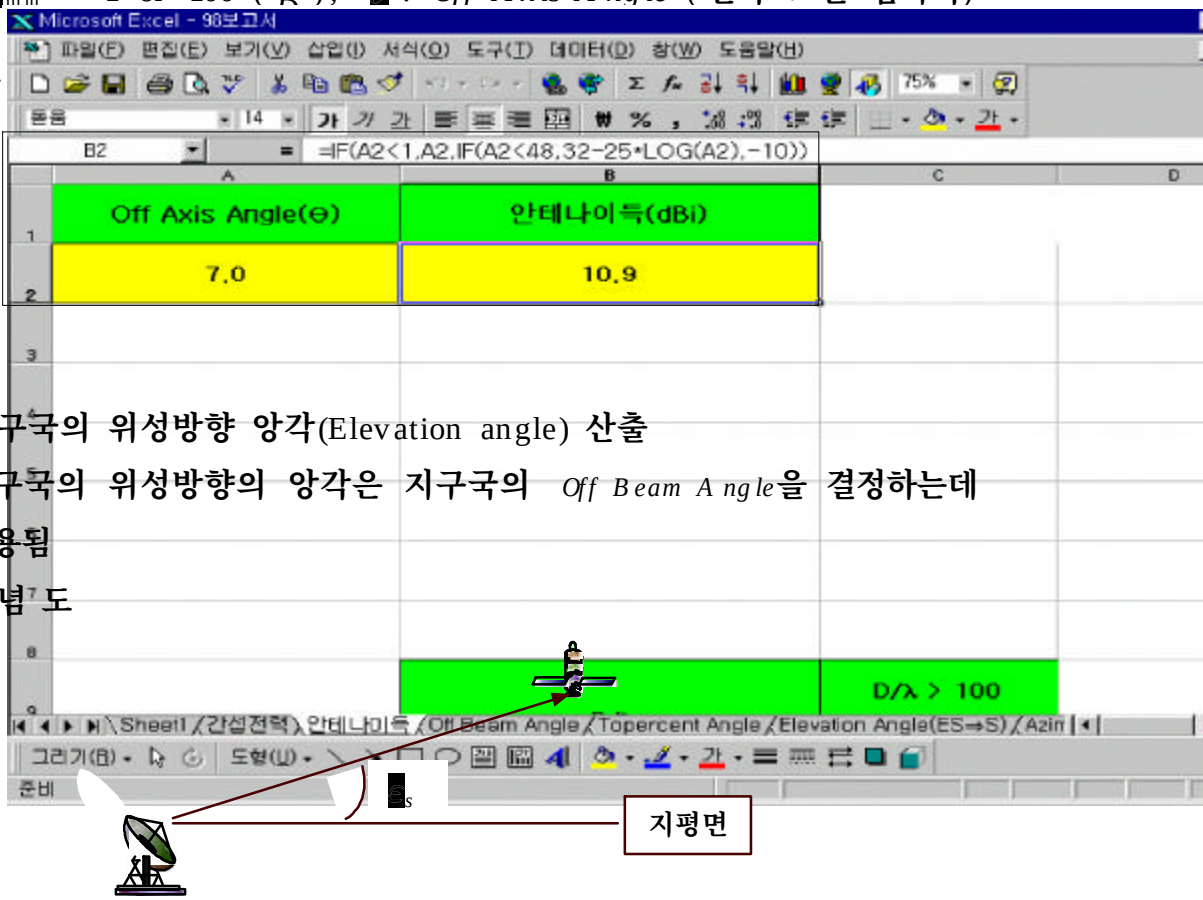
☞ $48^{o} \leq \theta < 180^{o}$일 경우 $G(\theta) = -10$

여기서,

$G(\theta)$: 편각 또는 입사각 이득

θ_{min} = 1 or 100 ($\frac{\lambda}{D}$), θ : *Off Axis Angle* (편각 또는 입사각)

o 실



다. 지구국의 위성방향 앙각(Elevation angle) 산출

o 지구국의 위성방향의 앙각은 지구국의 *Off Beam Angle*을 결정하는데 이용됨

o 개 념 도

o 계 산 식

$$\theta_s = \arctan\left(\frac{K - \cos\theta}{\sin\theta}\right) - \theta$$

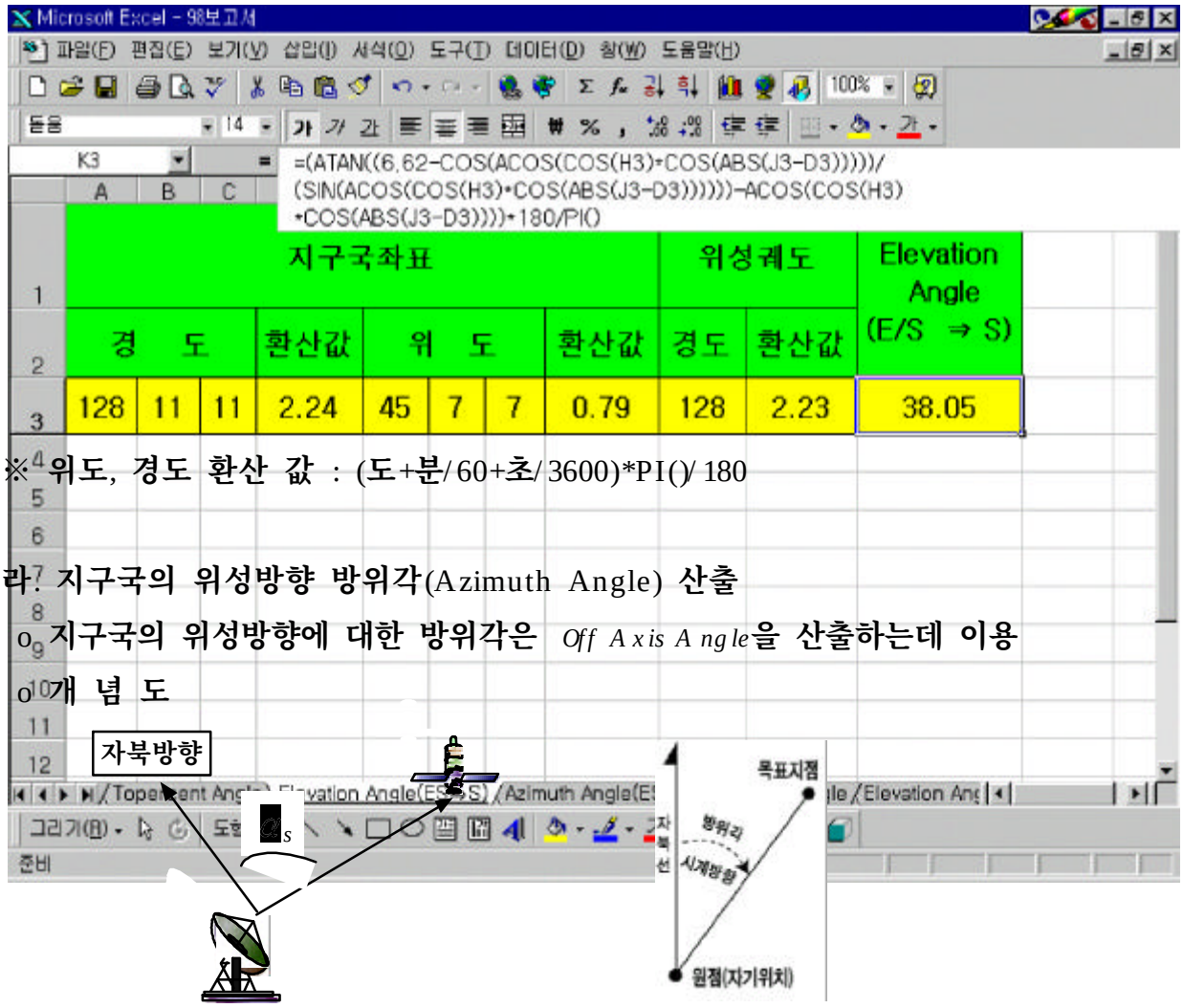
$$\theta = \arccos(\cos\phi \times \cos\beta)$$

여기서,

θ_s : 지구국으로부터 본 위성의 앙각

ϕ : 지구국의 위도

▒ : 위성과 지구국간 경도차



※ 위도, 경도 환산 값 : (도+분/60+초/3600)*PI()/180

라. 지구국의 위성방향 방위각(Azimuth Angle) 산출

o 지구국의 위성방향에 대한 방위각은 *Off Axis Angle*을 산출하는데 이용

o 개 념 도

※ 방위각 : 나의 위치를 기준으로 어느 특정지점이나 방향이 북쪽으로 부터 시계방향으로 돌아간 각도이다. 이때 기준이 되는 북쪽은 진북, 도북, 자북이 있는데, 보통 자북 방위각을 많이 사용함

o 계 산 식

$$\theta'_s = \arccos(\tan\phi \times \cot\beta)$$

$$\beta = \arccos(\cos\phi \times \cos\theta)$$

여기서,

▒'$_s$: 지구국에서 본 위성의 방위각

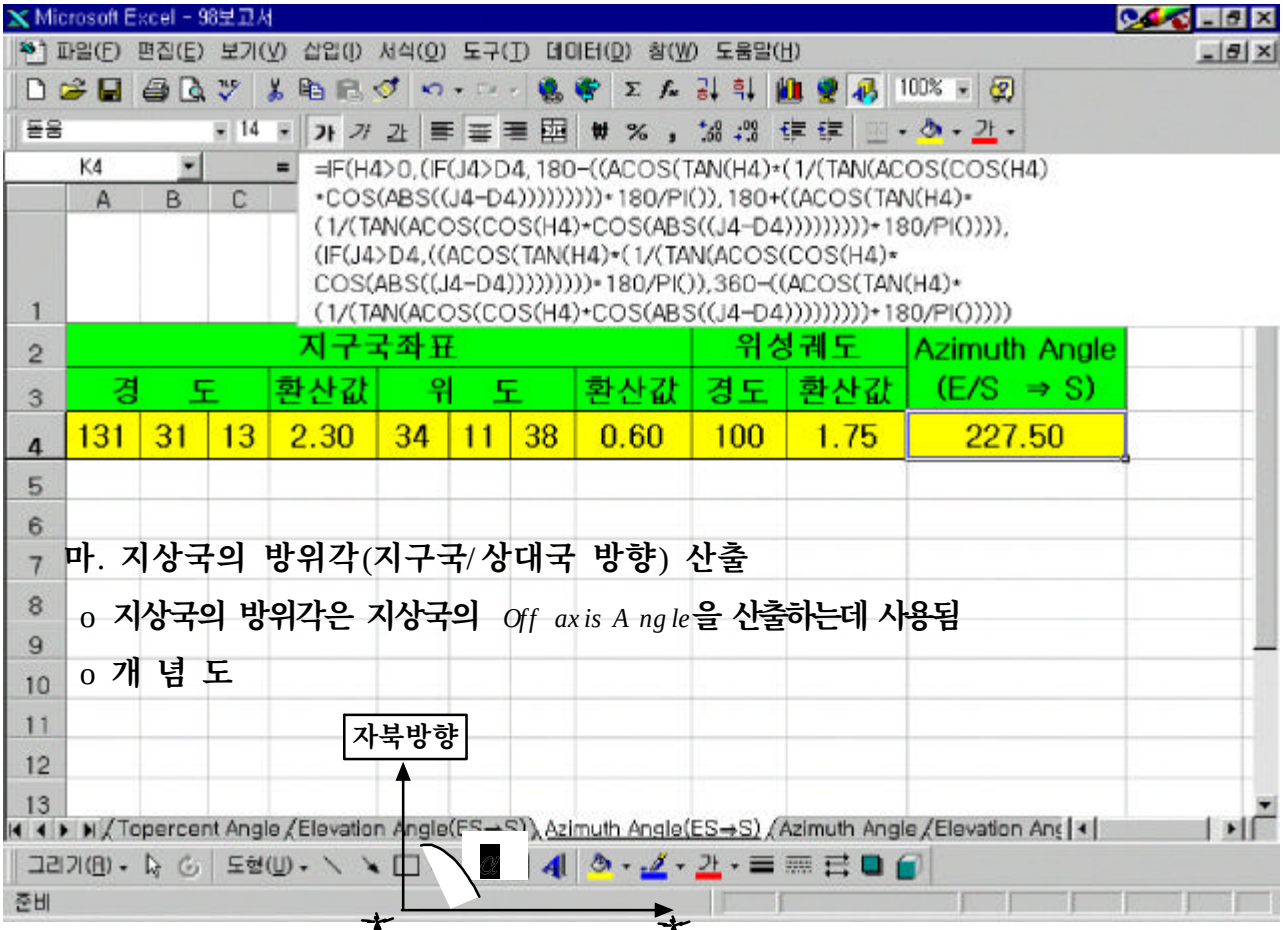
▒ : 지구국의 위도, ▒ : 위성과 지구국간 경도차

상기 값은 지구국 위치에 따라 다음과 같이 보정하여 실제 방위각을 산출함

$\alpha_s = \alpha'_s + 180$: 지구국이 북반구, 위성이 지구국 서쪽에 위치한 경우

$\alpha_s = 180 - \alpha'_s$: 지구국이 북반구, 위성이 지구국 동쪽에 위치한 경우

$\alpha_s = 360 - \alpha'_s$: 지구국이 남반구, 위성이 지구국 서쪽에 위치한 경우



마. 지상국의 방위각(지구국/상대국 방향) 산출

o 지상국의 방위각은 지상국의 *Off axis Angle*을 산출하는데 사용됨

o 개 념 도

o 계 산 식 (기준무선국 : A, 상대무선국 : B)

$$\alpha'_{(A \to B)} = \arcsin\left(\frac{\cos\theta \times \sin\phi}{\sin\alpha}\right)$$

$$\alpha = \arccos(\sin\phi_1 \times \sin\phi_2 + \cos\phi_1 \times \cos\phi_2 \times \cos\theta)$$

여기서,

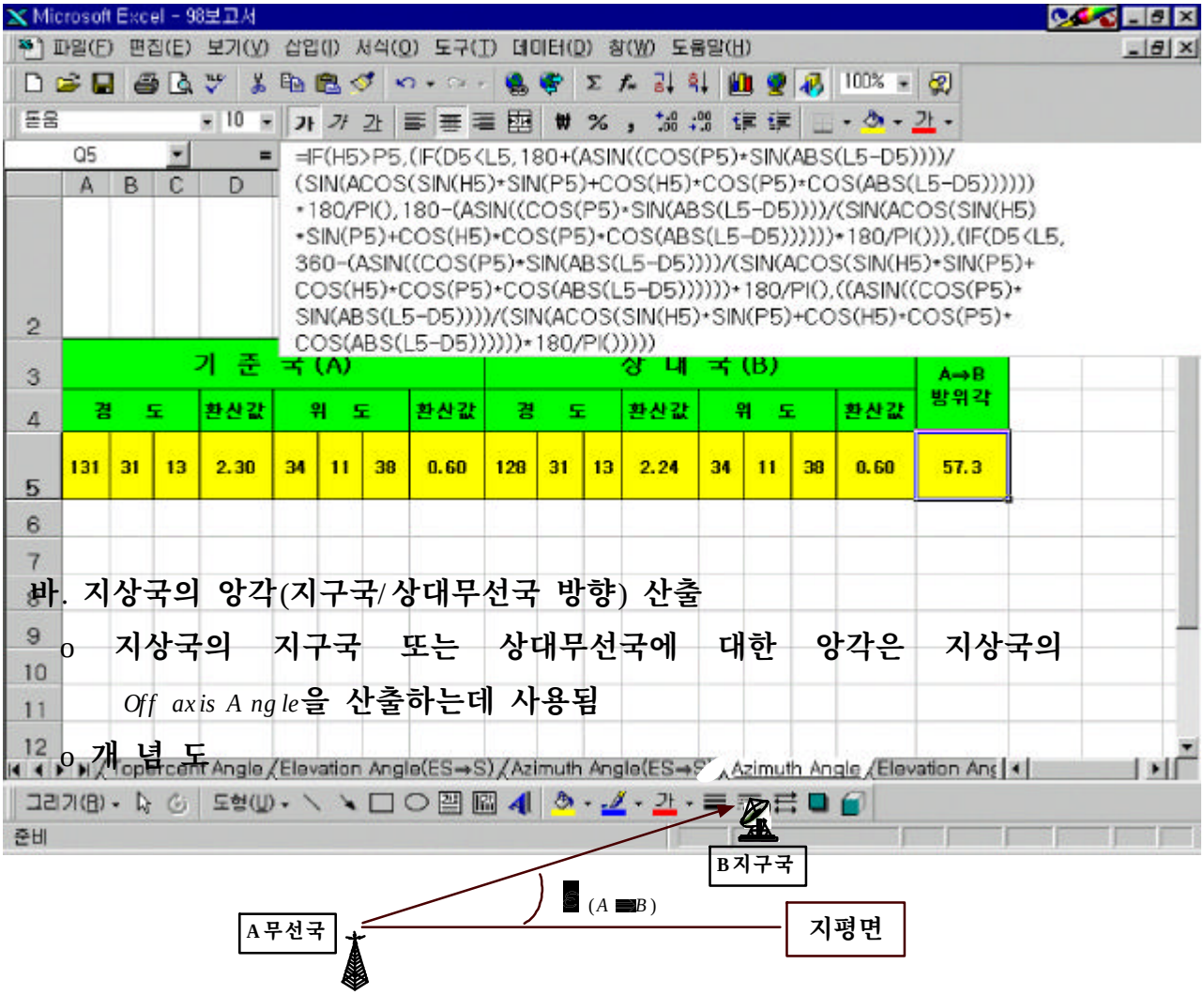
ϕ_1 : A점의 위도, ϕ_2 : B점의 위도, θ : A점과 B점의 경도차

상기 값은 지구국 위치에 따라 다음과 같이 보정하여 실제 방위각을 산출함

$\theta_{(A \to B)}$ = 180 + $\theta'_{(A \to B)}$: A 점이 B점 북쪽, B점이 A 점 서쪽에 위치한 경우

$\theta_{(A \to B)}$ = 180 - $\theta'_{(A \to B)}$: A 점이 B점 북쪽, B점이 A 점 동쪽에 위치한 경우

$\theta_{(A \to B)}$ = 360 - $\theta'_{(A \to B)}$: A 점이 B점 남쪽, B점이 A 점 서쪽에 위치한 경우



바. 지상국의 앙각(지구국/상대무선국 방향) 산출

o 지상국의 지구국 또는 상대무선국에 대한 앙각은 지상국의 *Off axis Angle*을 산출하는데 사용됨

o 개 념 도

o 계 산 식

$$\theta_{(A \to B)} = 90 - \sin^{-1}\left[\frac{(R + h_2) \times \sin\theta}{d_{AB}}\right]$$

$$\theta = \arccos(\sin\theta_1 \times \sin\theta_2 + \cos\theta_1 \times \cos\theta_2 \times \cos\theta_3)$$

여기서,

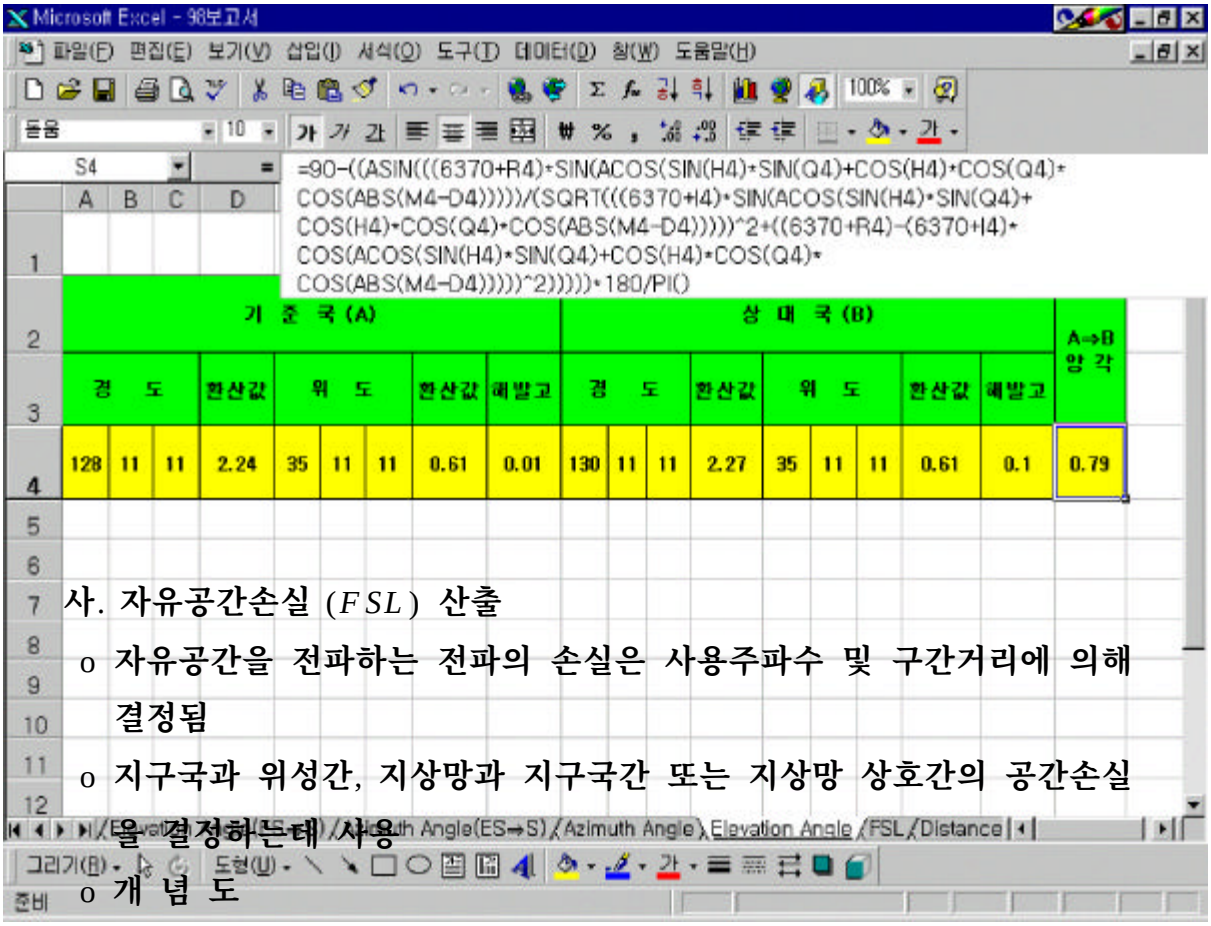
d_{AB} : 지상무선통신국간 또는 지상무선국과 지구국간 구간거리

※ B점이 A점보다 높이가 더 높을 경우 (+), 더 낮을 경우 (-)값

■ $_{(A \blacksquare B)}$: 지상무선통신국의 앙각

■ : A 점의 위도, ■ : B 점의 위도

■ : A 점과 B 점의 경도차, h_2 : 상대국의 높이



기 준 국 (A)									상 대 국 (B)									A⇒B 앙 각
경 도			환산값	위 도			환산값	예발고	경 도			환산값	위 도			환산값	예발고	
128	11	11	2.24	35	11	11	0.61	0.01	130	11	11	2.27	35	11	11	0.61	0.1	0.79

사. 자유공간손실 (FSL) 산출

o 자유공간을 전파하는 전파의 손실은 사용주파수 및 구간거리에 의해 결정됨

o 지구국과 위성간, 지상망과 지구국간 또는 지상망 상호간의 공간손실을 결정하는데 사용

o 개 념 도

거리DKm, 주파수FGHz

◄ ►

무선국(A) 무선국(B)

o 계 산 식

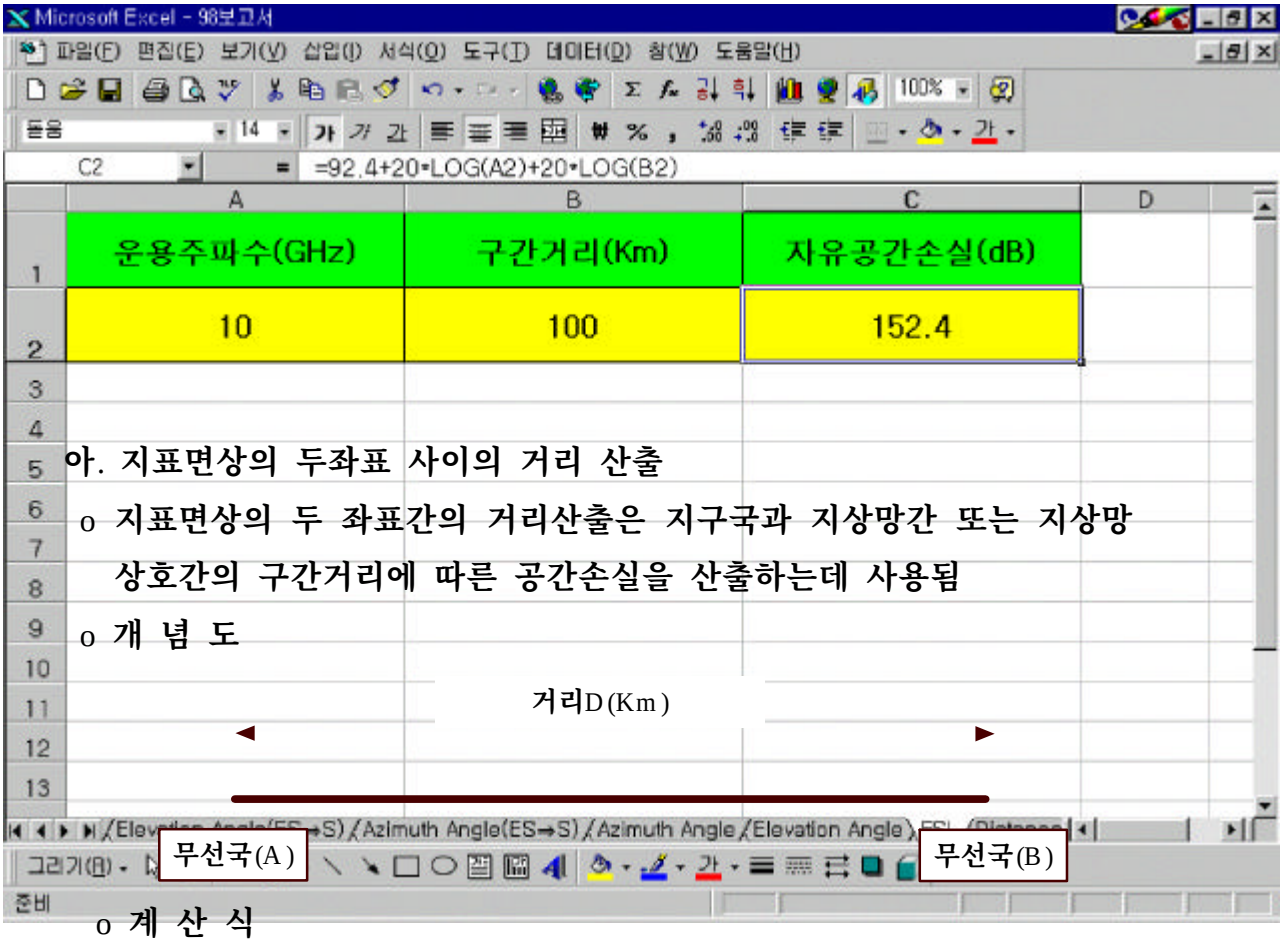
$$FSL = 92.4 + 20\log D + 20\log F \quad \text{또는} \quad FSL = 20\log\left(\frac{4\blacksquare d}{\blacksquare}\right)$$

여기서,

FSL : 자유공간 손실

D : 지구국과 지상망간 거리(Km)

F : 사용주파수(GHz), ■ : 파장(m), d : 거리(m)



아. 지표면상의 두좌표 사이의 거리 산출

o 지표면상의 두 좌표간의 거리산출은 지구국과 지상망간 또는 지상망 상호간의 구간거리에 따른 공간손실을 산출하는데 사용됨

o 개 념 도

o 계 산 식

$$d_{AB} = \sqrt{(R+H_A)^2 + (R+H_B)^2 - 2(R+H_A)(R+H_B)\cos\theta_{AB}}$$

$$\theta_{AB} = \cos^{-1}[\sin\phi_A \sin\phi_B + \cos\phi_A \cos\phi_B \cos(\lambda_A - \lambda_B)]$$

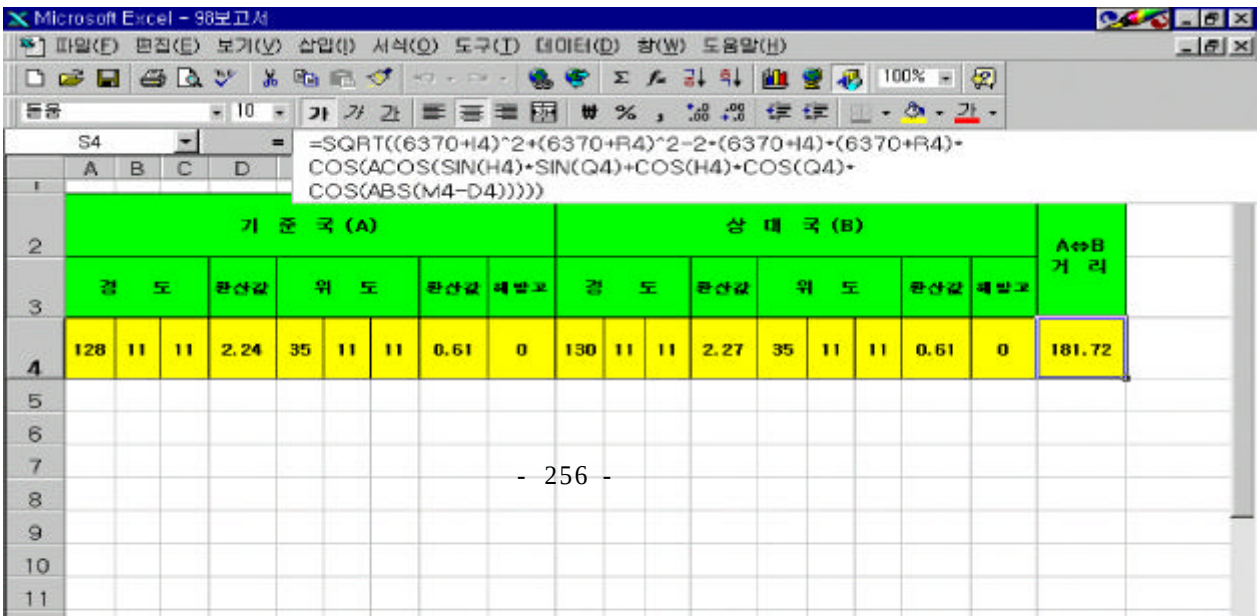
여기서,

d_{AB} : A, B점 사이의 거리(km)

H_A, H_B : 해발고로부터의 A, B점의 고도(km)

ϕ_A, ϕ_B : A, B점의 위도$(^\circ)$, λ_A, λ_B : A, B점의 경도$(^\circ)$

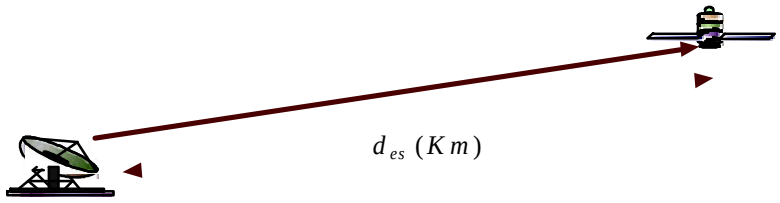
R : 지구 반지름(km), 약$6,370km$임



자. 지구국과 위성간 거리산출

o 지구국과 위성간의 거리산출은 구간거리에 따른 공간손실 값을 산출하는데 사용됨

o 개 념 도



o 계 산 식

$$d_{es} = 42,644\ \sqrt{1 - 0.2954\ \cos\ \square}$$

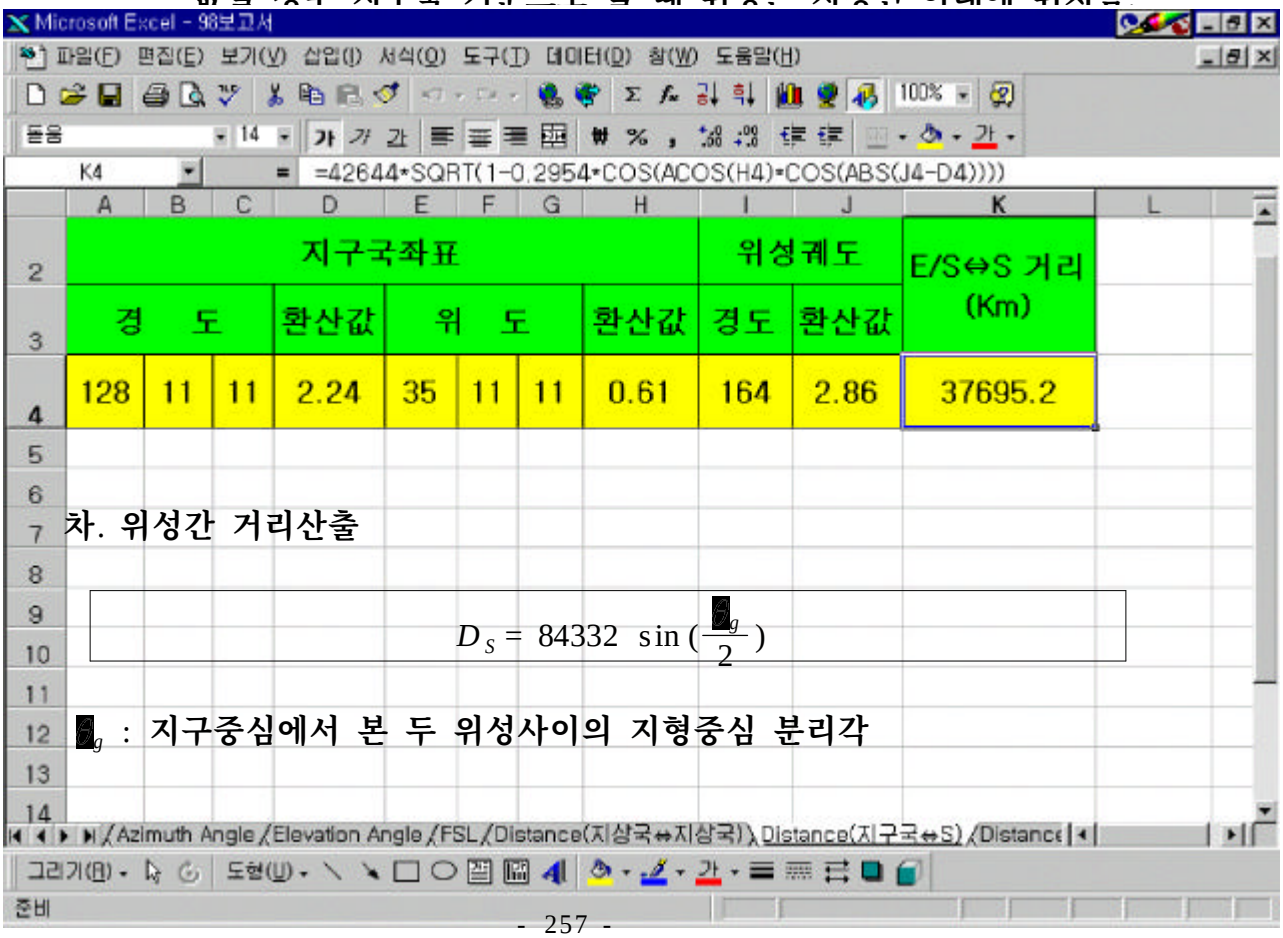
$$\square = \cos^{-1}(\cos\ \square_{X}\ \cos\ \square)$$

여기서,

d_{es} : 지구국과 정지궤도위성 사이의 거리(km)

□ : 지국국의 위도(°) , □ : 위성과 지구국의 경도차(°)

※ 여기에서 □값에 유의해야 하는데 만약, □값이 0.151보다 작은 값일 경우 지구국 기준으로 볼 때 위성은 지평선 아래에 위치함



차. 위성간 거리산출

$$D_S = 84332\ \sin\left(\frac{\square_g}{2}\right)$$

$\square_g$: 지구중심에서 본 두 위성사이의 지형중심 분리각

카. 지구국에서 본 두위성사이의 분리각 산출 (θ_t)

$$\theta_t = \cos^{-1} \frac{(d_1^2 + d_2^2 - (84332 \sin \frac{\theta_g}{2})^2}{2 d_1 d_2}$$

d_1, d_2 : **지구국으로부터 각각의 위성까지의 거리**

타. 전송이득(γ) 산출

$$\gamma = \frac{EIRP_S \; G_{ER} \; L_U}{EIRP_E \; G_{SR} \; L_D}$$

$EIRP_S$: **위성의 지구국방향** $EIRP$

$EIRP_E$: **지구국의 위성방향** $EIRP$

G_{ER} : **지구국 수신안테나 이득,** G_{SR} : **위성 수신안테나 이득**

L_U : **상향링크 손실,** L_D : **하향링크 손실**

파. 안테나이득

$$G_{\max} = \eta [\frac{\pi D}{\lambda}]^2 \text{ 또는}$$

$$G_{\max} = 9.94 + 10 \log \eta + 20 \log [\frac{D}{\lambda}]$$

여기서,

$G_{\max}$: **안테나이득**

η : **안테나효율(파라볼라안테나** : 0.55 0.57)

λ : **파장의 길이**(m), D : **안테나 직경**(m)

하. 전력속밀도(PFD : Power Flux Density)**산출**

$$PFD = EIRP - 10 \log (4\pi d^2) [dBw/Ref.BW]$$

여기서,

$EIRP$: 등가등방성 복사전력(출력 + 안테나이득)

d : 송신지점과 수신지점간거리(km)

※ 출력산출 : 전력밀도$_{max}$ + 10 log (단위 대역폭)

※ PFD 제한 값과 상호 비교시 기준 대역폭(Reference BW)을 동일 조건하에서 판단해야 함

거. 기준대역폭에 따른 전력환산

o $4kHz \Rightarrow 1MHz$로의 환산

- 실제 환산예 :

$$x\ dBw\ (4kHz) = x + 10\log(\frac{1\times 10^{6}}{4\times 10^{3}})\quad x + 23.97dBw\ (1MHz)$$

제 5 절 결론

최근 위성통신기술의 발전 및 전파이용의 수요확대에 따라 한정된 전파자원을 확보하기 위한 각 국의 관심과 노력이 국제적으로 날로 확대되고 있다. 이에 효율적으로 대처하고자 본 장에서는 위성전파자원의 개념, 국제 등록절차 및 관련규정, 위성전파 간섭분석 TOOL 및 간섭 영향분석방법에 대하여 서술하였다.

또한, 전파간섭 영향 분석에 따른 관련 수식들이 여러 곳에 산재되어 ITU에서 권고하고 있는 내용을 바탕으로 정리하였다. 이러한 수식 등을 파악한다 하더라도 실제 계산을 위해서는 관련 수식을 종합할 필요가 있으며, 좀더 용이한 분석을 위해서는 전산화 등의 방안이 요구되어 여기서는 간섭영향 여부를 손쉽게 파악할 수 있는 분석 TOOL을 작성한 것을 소개하고, 사용방법을 설명하였다.

이러한 TOOL은 위성망 및 지구국을 운용하기 위한 국제등록과정의 조정절차에서 유효하게 사용될 수 있으며, 다른 나라의 지구국 설치·운용에 따른 우리나라의 지상망을 보호하는데도 개발된 TOOL을 이용함으로서 시간과

무선국수의 제약을 덜 받고 효율적으로 분석할 수 있다. 궤도이격에 의한 이의제기 위성망 추출방법 및 지구국 조정자료분석 TOOL은 위성망간의 간섭영향을 알아보는 △T/T, C/I의 처리 등에 필요한 TOOL개발에 좋은 참고자료라고 생각된다.

앞으로 무선통신망의 수가 기하급수적으로 증가하는 전파환경하에서 주파수자원의 재활용은 필수적이라 하겠으며, 전파간섭이 발생할 수 있는 확률도 그만큼 증가되고 있다. 이에 따라 동일 주파수대를 사용하는 무선통신망간에 전파간섭영향을 사전에 제거하고 효율적인 주파수자원의 사용을 위한 연구가 지속적으로 추진되어야 할 것이다.

제 5 장 결 론

위성통신 기술의 발전 및 통신서비스의 수요 충족을 위하여 위성망 등록 및 운용이 점차 급증하고 있다. 이에 따라 주파수의 이용효율을 높이고 위성 시스템을 효율적으로 운용하기 위하여 ITU를 중심으로 위성업무와 타업무간의 주파수 공유에 대한 연구가 활발히 수행되고 있다.

본 연구에서는 다른나라의 위성망으로부터 우리나라의 지상망과 위성망을 보호하기 위하여 고정위성업무와 지상망간의 주파수 공유에 대해서 연구하였다. ITU에서 논의되고 있는 HD-FSS를 이용하는 위성시스템으로부터 우리나라 지상망을 보호하기 위하여, 대역별로 HD-FSS의 주파수 분배 가능성 및 특징을 분석하고 37.5 42.5GHz대역에서 HD-FS와의 공유를 위한 시스템 파라미터 및 구축 특징을 분석하였다. 또한 HEO를 이용하는 위성시스템과 타 위성시스템 및 지상망과의 주파수 공유와 HEO 도입에 대한 주요 국가와 국제 기구의 입장 등을 분석하고 우리나라의 대응방안을 제시하였다.

우리나라 위성망 보호 방안으로서, 특정 Ku 및 Ka 주파수 대역에 대한 EPFD 제한값 및 ITU 전파규칙에서 정하지 않은 안테나 크기에 대한 제한값을 유도하는 방법을 분석하고, 전파규칙 및 각국의 위성통신 관련 기술기준을 비교·분석하였다. 이와 함께 보다 효율적인 위성전파 간섭분석을 위하여 분석 TOOL을 이용한 간섭분석 방법을 제시하였다.

한정된 위성궤도 및 주파수로 인한 위성자원의 효율적인 분배, 확보 및 이용에 대한 관심은 전세계적으로 더욱더 증가할 것이며, 타 업무와의 주파수 공유 및 이로 인한 전파 간섭은 더욱더 중요한 이슈로 부각될 것이다. 전파자원을 이용하는 서비스의 증가에 따라 주파수 이용의 효율성을 높이기 위하여 기존에 운용되는 서비스와 새로 도입되는 서비스의 주파수 공유에 대한 지속적인 관심과 연구가 요구되며, 특히 우리 통신망 운용의 효율성 증대 및 보호를 위한 간섭 분석 및 국제적 이슈에 대한 대응은 상당히 중요한 요구 사항이 될 것이다. 따라서, ITU에서 국제적인 현안 과제를 공동으로 연구하고 대처하고 있음을 감안하면, 논의되고 있는 주요 이슈 사항이나 새로운 시스템의 도입에 대한 규제 사항 등과 관련해 이에 대한 연구를 통하여 대응 방안을 마련하고 이를 적극적으로 제시함으로써 우리의 통신망을 보호하고 원활한 운용을 도모하여야 할 것이다.

참고문헌

[1] Final Acts WRC-2000, Istanbul, 8 May - 2 June 2000.

[2] ITU-R WP4-9S **의장보고서**, 2001. 10

[3] Draft Revision of Recommendation ITU-R F.1498, 2001. 10

[4] http://www.rapa.or.kr/organization/2000/**주파수분과**/MW및BMWS주파수분과/40GHzB-WLL.doc

[5] http://www.ero.dk/EROWEB/Lisbon-conf/3-3c-reuter.PDF

[6] http://www.helloec.net/network/B-WLL.htm

[7] ITU-R WP4A **의장보고서**, 2000. 10

[8] ITU-R WP4A **의장보고서**, 2001. 3

[9] ITU-R WP4-9S **의장보고서**, 2001. 3

[10] **제2차** APG-2003 **회의 결과보고서**, 2001. 6

[11] **박주홍 외** 4**인**, "ITU-R**의** HEO **동향고찰**", **한국통신학회 추계발표회**, 2001. 11. 17

[12] **전파연구소**, **연구보고서(위성이용기술 · 우주전파환경 · 안테나기술)** p.42 87, 2000**년도**

[13] Radio Regulation Article S22

[14] ITU-R Doc.4A/204 Continuous curves of epfd↑

[15] ITU-R Doc.4A/93 Methodology to derive Continuous curves of epfd versus GSO FSS antenna diameters

[16] ITU-R Doc.4A/182 Review of methodologies to derive Continuous curves of epfd versus GSO FSS antenna diameters

[17] ITU-R Doc.4A/TEMP/125 Draft New Recommendation on Continuous curves of EPFD

[18] ITU-R Doc.4A/TEMP/127 proposed Liason statement to Working Party 6S on Continuous curves of EPFD↓

[19] **미합중국 연방통신위원회**, 1934**년 제정 통신법(개정판) 및 기타 발췌 규정**, **통신정책연구소**, 1986. 12, **역자 이한성**

[20] **미연방 통신**, **방송법 번역집**[Communications Act of 1934, Amended as of 1996], **법무법인 태평양**, **역자 김지수**, 1998. 03. 20

[21] CFR 47, PART 0 3, PART25(최종개정 2001. 10. 1)
[22] 미국 NTIA 홈페이지
[23] 미국 FCC 홈페이지
[24] 일본 총무성 홈페이지
[25] 일본 전파법(최종개정. 2001. 6. 29, 법률 제85호)
[26] 일본 전파법시행규칙(최종개정. 2001. 7. 23, 총무성령 97호)
[27] 일본 무선설비규칙(최종개정. 2001. 7. 2, 총무성령 72호)
[28] 대한민국 전파법(2000. 1. 21, 법령 제6,197호)
[29] 대한민국 전파법시행령(2000. 4. 1, 대통령령 제16,775호)
[30] 대한민국 전파법시행규칙(2000. 9. 23, 정보통신부령105호)
[31] 대한민국 무선설비규칙(2001. 2. 8, 정보통신부령108호)
[32] 대한민국 정보통신부고시 제1995-5호(1995. 1. 13)
[33] 대한민국 정보통신부고시 제1998-3호(1998. 1. 26)
[34] 대한민국 정보통신부고시 제2001-117호(2001. 12. 17)
[35] ITU Radio Regulations
[36] ITU-R Recommendation P526-5, S465-5, S483-3, S580-5, IS847-1
[37] "이동통신과 마이크로파 통신의 실무와 이론," 圖書出版技多利, 1993
[38] "인공위성통신시스템," 홍릉과학출판사, 최경일 역
[39] ITU Space Radiocommunications Stations CD
[40] 전파연구소 연구보고서
- 1993년 '주파수 관리기술연구', 위규진, 이세순
- 1995년 '위성전파간섭연구' 박종한, 이광조
- 1998년 'm/w대 전파간섭연구' 양왕렬, 박주홍, 김희원, 성향숙
- 1999-2000년 'ITU의 방송위성 계획개정에 관한 연구' 박주홍, 성향숙, 양왕렬, 김희원
'고정위성업무에 관한 간섭기준 및 계산방법 연구' 김희원, 성향숙, 양왕렬, 박주홍
[41] "Digital Satellite Communications" McGraw-Hill Publishing Company, Second edition, Tri T. Ha

부 록

1. HD-FSS용 주파수 후보대역
2. EPFD↓ 연속곡선에 대한 Working Party 6S 연락문
3. 우주국 및 지구국의 무선설비에 관한 기술기준 개정(안)

부록 1. HDFSS용 주파수 후보 대역

(1) 상향링크(Uplink)용 대역

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
81 86 GHz	ITU-R에서 행해진 연구가 없었음. 몇몇 주관청에서 제출한 선(advance) 공개 정보가 있지만 알려진 FSS 시스템 특성 없음. WRC-2000에서 전파천문업무가 1차 업무로 분배되어 있으므로, 전파천문업무지역을 보호할 수 있도록 HDFSS시스템 배치해야 함.	현재 기술로 사용 불가능. 그러나, 이 대역의 일부분은 미래 HDFSS 시스템의 후보 대역으로 될 수 있음.
50.4 51.4 GHz	ITU-R에서 행해진 연구가 없었음. 전지역에서 이 대역의 일부분에서 FSS의 정부(국가) 이용(예:군사용)에 동의함. S5.340(WRC-2000 개정)과 S5.340.1에서는 50.2 50.4GHz 대역이 수동 업무용임을 설명 제 3 지역 한 국가에서 무선랜(RLAN)용으로 주파수 대역 사용	대역의 일부분은 미래 HDFSS 시스템 후보 대역될 수 있음. 그러나 이 대역을 정부(국가)용으로 이용하는 것에 동의하는 의견측에서는 HDFSS용으로 이용되는 것을 바라지 않음.
47.2 50.2 GHz	FS PP(Point-to-Point) 링크용으로 이용하려고 하고 있음. 제 2 지역에서 몇몇 FS 링크들이 구축되어 있음. 또한 이 대역에서 HDFSS형 시스템들이 등록되어 있음. 고정업무 중의 HAPS(47.2 47.5GHz와 47.9 48.2GHz 부대역(Sub-band)에서 사용하려고 하는)시스템과 HDFSS 시스템 사이의 같은 지역에서 주파수 공유는 불가능할 수 있음을 주지. WRC-2000에서 몇몇 논의가 있었음. 결의 122(WRC-2000 개정)에 따라 연구가 진행 중임. 47.2 47.5GHz와 47.9 48.2GHz 부대역에서 몇몇 나라들이 HAPS 사용할 수 있음을 고려하면 이들 부대역에 대한 HDFSS 주파수 분배는 제한됨 48.2 50.2GHz 부대역은 HAPS용으로 지정된 대역과 겹치지 않을 것이므로 HDFSS용으로 고려되는 2GHz대역의 근접 대역임을 의미	[48.2 50.2GHz 대역은 HDFSS용 후보대역으로 차후에 고려되어야 함]

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
42.5 43.5 GHz	WRC-2000에서 이 대역은 HDFS용으로 분배됨. FSS 시스템과의 공유에 대한 어려움이 예상될 수 있음. 또한 이 대역은 전파천문업무용으로 분배되어 있으므로 전파천문업무지역 주변의 HDFSS와 HDFS 시스템에 대한 제한이 있을 수 있음. 제 1지역에서 42.5 43.5GHz 대역의 HDFS 응용시스템들을 구축 중임.	이 대역은 HDFSS용으로는 부적절할 것 같음.
30 31 GHz	이 대역은 전 지역의 많은 주관청에서 국가정부용으로 제한함.(예: 군사용)	HDFSS용으로 이용할 수 없음
29.5 30 GHz	지상 업무가 1차 업무로 분배되지 않음. 이 대역에서 HDFSS 시스템들이 이미 개발 중에 있음	전세계적으로 이 대역은 HDFSS용으로 적당함.
29.1 29.5 GHz	제 2지역에서는 29.25 29.5GHz 대역에서 GSO HDFSS 개발 중임 비정지 MSS의 피더 링크와의 주파수 공유에 관한 HDFSS의 영향 평가가 필요함(WP4A에서 연구될 것임) 제 1지역 몇몇 주관청들은 29.1 29.4525GHz에서 FS 응용시스템의 밀집 구축(dense deployment)을 허용하기로 결정하였음. 허가를 이미 내주기 시작했음 제 1 지역 몇몇 주관청들은 29.4525 29.5GHz 대역에서 HDFSS 응용시스템 구축할 것임. WP4-9S의 연구에서 같은 지역에서 FS와 HDFSS와의 주파수 공유는 가능하지 않은 것으로 결론내림.	이 대역의 일부분은 HDFSS용으로 분배가 차후에 고려되어야 함. 그러나 전세계적으로 이 대역 전체는 HDFSS용으로 적당하지는 않음.

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
28.6 29.1 GHz	[모든 지역의] 몇몇 주관청들은 이 대역을 HDFSS용으로 지정함. 반면 다른 몇몇 주관청에서는 이 대역의 일부분을 HDFSS용으로 지정하였음. 전 지역의 몇몇 주관청들은 HDFSS 운용하기 위해 이 대역 전체에서 지상 시스템의 제한 사용에 관한 규정을 채택하였음. 몇 가지 HDFSS 시스템이 이 대역에서 이미 개발 중이고 한편으로 HDFSS 시스템이 등록 중임. 제 1 지역 몇몇 주관청들은 28.6 28.8365GHz의 부대역에서 HDFSS 응용 시스템들을 구축하려고 하고 있음. 제 1 지역의 몇몇 주관청들은 29.0605 29.1GHz 부대역에서 FS 응용시스템의 밀집 구축을 허용하려고 하고 있음(그리고 이 대역에서 허가를 내주기 시작하였음). 28.8365 29.0605GHz 부대역에서 지형에 따라 밀집 FS와 HDFSS을 허용하려고 함. WP4-9S의 연구는 같은 지역에서 FS와 HDFSS와의 주파수 공유는 가능하지 않은 것으로 결론내림.	이 대역[의 일부분]은 HDFSS용으로 분배하기 적당한 대역으로 차후에 고려되어야 함.[그러나 전세계적으로 이 대역 전체를 HDFSS용으로 분배하기에는 적당하지 않을 수도 있음]
27.5 28.6 GHz	제 2 지역 28.35 28.6GHz 대역에서 HDFSS가 개발 중임 FS와 FSS와 관련하여 27.5 28.35GHz 부속대역에서 S5.537A(결의 122, WRC-2000)에 열거된 주관청들에 의해, 계획된 HAPS 시스템구축과 관련지어 공유 연구가 수행되고 있음. WRC-2003까지 이 부대역에 중점을 두어 공유 연구 수행이 요구됨 HDFSS형 시스템들이 몇몇 등록 중임 제 2 지역 27.5 28.35GHz 대역에서 FS응용시스템(LMCS/LMDS)들이 구축되어 현재 사용 중에 있음 제 1 지역 몇몇 주관청들은 27.5 27.82GHz과 28.4445 28.6GHz 양 대역에서 HDFSS 응용시스템을 구축하려고 하고 있음. 제 1 지역 몇몇 주관청들은 28.0525 28.4445GHz 부대역에서 FS 응용시스템의 밀집 구축을 허용하려고 하고 있음(그리고 이 대역에서 허가를 내주기 시작하였음). 27.8285 28.0525GHz 부대역에서 지형에 따라 밀집 FS와 HDFSS을 허용하려고 함.	이 대역의 일부분은 HDFSS용으로 분배하기 적당한 대역으로 차후에 고려되어야 함. 그러나 전세계적으로 이 대역 전체를 HDFSS용으로 분배하기에는 적당하지 않을 수도 있음

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
27 27.5 GHz	제 2 지역과 3지역에서만 FSS용으로 분배 [모든 지역에서][제 1 지역에서] 이 대역을 국가정부용 고정 및 이동업무용으로 합의(예를 들면 군사용) 제 2 지역에서는 FS응용시스템(LMCS/LMDS)들이 구축되어 현재 사용중에 있음 ・ LMCS(Local Multipoint Communications Service) ・ LMDS(Local Multipoint Distribution Service)	HDFSS용 후보대역으로 적당하지 않음.
24.75 25.25 GHz	제 2・3지역에서 이 대역의 FSS 적용은 S5.535에 의해 BSS 피더 링크로 제한됨. 제 3 지역의 한 주관청에서는 이 대역을 2008년도까지 무선항행업무를 1차 업무에 분배하고 있다. 제 1・2 지역에서 FS 응용시스템들이 밀집 구축되어 현재 사용 중에 있음.	HDFSS용 후보대역으로 적당하지 않음.
19.3 19.7 GHz	19.3 19.6GHz 대역(지구-우주)의 FSS의 사용은 비정지 MSS 피더링크로 한정됨. 제 1・3지역에서 수많은 FS 시스템들이 사용중에 있음. HDFSS 상향링크는 FS 시스템 또는 우주에서 지구방향의 FSS 시스템과 같이 쓰일 수 없을 것임.	이 대역은 적당한 HDFSS 후보대역이 아님

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
18.1 18.4 GHz	이 대역에서 FSS 사용은 BSS 피더 링크용에 한정됨 제 1·3지역에서 수많은 FS 시스템들이 사용중에 있음. 상향링크로의 HDFSS 구축은 FS 구축 또는 우주대 지구의 FSS 시스템 구축과 양립할 수 없을 것임.	이 대역은 적당한 HDFSS 후보 대역이 아님
17.3 17.8 GHz	이 대역에서 FSS 사용은 APS30A에 따라 정지위성일 경우 BSS 피더 링크용 한정됨. 제 2 지역에서는 GSO 시스템용으로만 한정됨 WRC-2003 의제 1.18에서는 17.3 17.7GHz 부대역에 FS를 1차 업무로 가능한한 분배하는 것을 논의. 제 1 지역(유럽지역 기구(CEPT)의 지역국들의 17.7 17.8 GHz대역에서)과 제 3 지역에서 수많은 FS 시스템들이 운용중에 있음.	이 대역은 HDFSS용으로 이용할 수 없음

(2) **하향링크(Downlink)용 대역**

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론(October 2001)
71 76 GHz	ITU-R에서 행해진 연구가 없었음. 몇몇 주관청에서 제출한 선(advance) 공개 정보가 있지만 알려진 FSS 시스템 특성 없음. 사용자 터미널용 FSS 하향링크 시스템과 BSS 응용시스템과 몇몇 유사성이 있다는 것을 고려할 때, 74 76GHz 부대역은 HDFSS용으로 적당한 후보대역이 될 수 있음.	현재 기술로 사용 불가능. 그러나, 이 대역의 전체 또는 일부분은 미래 HDFSS 시스템의 후보대역으로 될 수 있음.
37.5 42.5 GHz	37 40 GHz 대역과 40.5 43.5 GHz대역은 HDFS용으로 이미 분배되어 있지만(S.5.547) 39.5 42.0GHz 대역은 HDFSS용으로 고려중임을 인지(WRC-2000 결의 84, S5.547). 제1지역과 3지역, 37.5 39.5 GHz의 부대역에서 많은 FS 링크가 있고, 40.5 42.5 GHz대역에서 몇몇 주관청이 HDFS 시스템을 잘 운용중임. 제 1지역의 많은 주관청들은 39.5 40.5 GHz에서 HDFSS 구축하려함. 제 2지역 38.6 40GHz 부속대역에서 HDFS 구축되어 있음. 39.5 40GHz대역과 40.5 42.0GHz 대역에서 HDFSS용 주파수의 세계적 또는 지역적인 분배 결정하기 위한 연구가 필요함	전세계적으로 40 40.5GHz 대역은 HDFSS용으로 좋은 후보 대역임
20.2 21.2 GHz	전 지역의 많은 주관청에서 군사용 같은 국가용으로 제한함. 지상업무에 지역적으로 분배되어 있지 않음에도 불구하고 S5.524는 45개의 주관청이 고정 및 이동 업무에 분배하고 있음을 확인	이 대역은 HDFSS 후보 대역으로 적당하지 않음
19.7 20.2 GHz	지상 업무에 지역적으로 분배되지 않음에도 불구하고 S5.524는 44개의 주관청이 고정 및 이동 업무에 잠재적으로 분배하고 있음을 확인. 또한 S.5.524는 이들 지상업무 운용이 FSS 우주국의 PFD 제한을 요구하지 않을 것이고, 그와 동시에 이 지상업무국에게 MSS와 FSS로부터의 보호 요구를 허용하지 않을 것임을 명시 S5.524에 명시된 국가들에게 현재 또는 계획 중인 FS과 MS에 관한 정보 제공을 촉구함	전세계적으로 이 대역은 HDFSS 후보 대역으로 적당함

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
19.3 19.7 GHz	지구-우주 방향으로 MSS용 피더링크에 대한 주파수 분배에 덧붙여 우주-지구 방향으로 19.3 19.7 GHz 대역의 MSS 피더 링크용 주파수로도 또한 분배되었음. 이 주파수 대역 분배로 MSS 시스템용으로 적은 수의 게이트웨이(gateway) 지구국들을 제공하려고 했음. HDFSS와 비정지 MSS 피더링크와 공유시 HDFSS의 영향 평가가 필요함(WP 4A에서 연구) 지구에서 우주 방향의 MSS 피더 링크로부터 간섭 경감을 위한 기술 연구가 수행되어야 함. 전세계 많은 국가들이 이 주파수 대역에서 많은 FS 시스템을 이미 운용중임. WP 4-9S는 FS와 FSS간의 공유를 위한 간섭 경감 기법의 사용 가능성과 효율성에 대해서 연구 중임 제 1지역의 몇몇 국가에서는 조정협의되지 않은 HDFSS용 단말기들을 보호 근거없이 운용할 것이고 FS와의 공유 문제는 간섭 경감 기술들을 이용, 해결할 계획임. [FS와 FSS 시스템이 동시에 간섭 영향 기법을 수용할 수 있는 공유문제 해결 토대 위에서 이 주파수 대역(또는 대역의 일부분)의 HDFSS용 분배는 가능할 수 있음]	
18.8 19.3 GHz	[전 지역의]몇몇 주관청에서는 이 주파수 대역을 HDFSS용으로 할당함. 이 대역에 맞는 몇가지 HDFSS 시스템이 이미 개발중이고, 다른 HDFSS형 시스템들이 등록됨 전 지역의 몇몇 주관청들은 이 대역에서 HDFSS 시스템을 운용하기 위해 이 주파수 대역 전체에 대해서 지상 업무 사용을 제한하는 규정을 채택하였음. 전세계 많은 국가들이 이 주파수 대역에서 많은 FS 시스템을 이미 운용중임.	

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
	제 1지역의 몇몇 국가에서는 조정협의되지 않은 HDFSS용 단말기들을 보호 근거없이 운용할 것이고 FS와의 공유 문제는 간섭 경감 기술들을 이용, 해결할 계획임. [FS와 FSS 시스템이 동시에 간섭 영향 기법을 수용할 수 있는 공유문제 해결 토대 위에서 이 주파수 대역(또는 일부분)의 HDFSS용 분배는 가능할 수 있음] [차후에 이 대역은 전세계적으로 HDFSS용에 적합한 대역으로 고려되어야함]	
17.7 18.8GHz	제 2지역의 몇몇 국가에서 18.58 18.8 GHz 대역 HDFSS 시스템을 개발 중임 이 대역에서 전세계 많은 국가들이 FS 시스템을 이미 운용중이고 HDFSS형 시스템의 등록의 경우도 다수 있음. 현재 WP 4-9S는 이 주파수 대역에서 FS와 FSS간의 공유를 위한 간섭 경감 기법의 사용 가능성과 효율성에 대해서 연구 중임. 제1지역의 몇몇 국가에서는 조정협의되지 않은 HDFSS용 단말기들을 보호 근거없이 운용할 것이며 FS와의 공유 문제는 간섭 경감 기술들을 이용, 해결할려고 함. 제1 지역과 3지역에서 17.7 18.1 GHz 대역은 BSS 피더링크용(지구-우주 방향) 계획 분배됨(APS30A). 제 2 지역에서 17.7 17.8 GHz 부속대역은 BSS 피더링크용(지구-우주 방향) 계획 분배됨(APS30A). 또한 S5.517에 따라 17.3 17.8GHz 부속대역의 BSS 분배할당은 2007년 4월부터 효력 발생. BSS 지구국의 피더링크와 비정지 FSS의 게이트웨이(지구-우주 방향) 등이 운용가능한 주파수 대역에서 이들로부터 HDFSS가 받는 간섭을 줄이기 위한 연구가 수행되어져야 함.	

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
	18.6 18.8 GHz 대역에서 EESS(수동)와 SRS(수동)를 보호하기 위해 S21.16.2(WRC-2000 개정)를 적용함을 인지. [FS와 FSS 시스템이 동시에 간섭 영향 기법을 수용할 수 있는 공유문제 해결 토대 위에서 이 주파수 대역(또는 일부분)의 HDFSS용 분배는 가능할 수 있음] [차후에 이 대역은 전세계적으로 HDFSS용에 적합한 대역으로 고려되어야함]	

(3) 고정위성업무(우주-지구)용으로 분배되지 않은 주파수

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
47.2 50.2 GHz	많은 주관청들이 이 주파수 대역을 BSS 피더 링크와 FSS 상향링크용으로 계획하고 있음. 48.94 49.04 GHz 대역은 전파천문업무가 1차 업무로 분배됨. HDFSS 시스템의 운용시 상기 대역에서 전파천문업무국의 보호 대책을 강구하여함. 이 대역에서 FSS(우주-지구) 주파수 분배 가능성은 ITU-R에서 연구됨. WP 4A와 WP 4-9S에서 수행 연구의 잠정 결론은, 1) 반대 방향 전송(지구-우주)에서 내부 시스템간의 공유 문제는 새로운 것이 아니며 이미 다른 여타 주파수 대역의 여러 시스템에서 이미 다루어지고 있음. 그러나 이 대역에서의 부가적인 연구도 필요할 것으로 보임 2) FSS 게이트웨이가 수신 HDFSS 단말기를 보호해야 할 의무가 없다는 쪽으로 규정조항들이 전개된다면, 송신 FSS 게이트웨이와 수신 HDFSS 단말기간의 공유는 가능함. 송신 FSS 게이트웨이(gateway)국은 HDFSS 수신국에 간섭을 줄 수도 있음. 이러한 공유는 송신 FSS 게이트웨이국(수자상으로는 극히 적을 것으로 예상됨) 주위 4 10km 지역내의 HDFSS 시스템 구축에 제한을 줄 수 있음. 감쇄 경감 기술을 이용해서 HDFSS 수신기에 미치는 간섭 지역을 줄일 수 있을 것임. 3) 같은 지역에서 송신 HDFSS 단말기와 FSS(우주-지구)의 수신 HDFSS 단말기간의 같은 주파수 공유는 불가능한 것으로 봄. 그러나 간섭영향을 정확하게 결정하기 위해 추가 연구가 필요함. 4) 정지위성과 비정지위성간의 공유 문제를 포함해서, 반대 방향 전송시 공유와 관련된 다른 문제들에 대한 연구도 또한 필요로 함.	

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
	5) FS와 FSS 송신 위성간의 업무 공유는 적정 PFD 제한치에 의해 보호되어야 함. 이 PFD 제한치의 평가에 대한 연구가 필요함. FS 터미널로부터의 간섭을 줄이기 위해, 가능하다면, 부(不)조정된 FSS 수신 터미널은 감쇄 경감 기법을 이용해야 할 것임 6) 인접 대역의 수동 업무를 보호하기 위해 수동업무와 FSS(우주-지구) 업무간의 공유 연구는 계속 되어야 함. 수동업무 보호는 다른 공유 조건들 중, 적정한 주파수 이격(Frequency Separation)을 통해서도 가능할 수 있음.	
21.4 22GHz	제 1 지역과 3지역에서는 기존에 분배된 업무를 보호하기 위해 BSS가 2007년 4월 1일부터 실시되고 이에 따른 구체적인 규정들을 적당한 시기의 WRC 회의에서 채택할 것임. 상기 내용은 결의 525에 명시됨. 주어진 궤도 및 주파수 대역의 제한으로 인해, HDFSS용 FSS(우주-지구) 업무의 새로운 주파수 대역 분배와 그에 따른 HDFSS 시스템 구축은 BSS 네트웍 구축에 필요한 자원의 가용성과 향후 BSS 계획에 제한을 줄 것임. BSS와 FSS간의 공유 연구 필요함. 제 3 지역과 제 1 지역 일부 국가, 그리고 제 2지역 일부 국가들이 이 주파수 대역에서 많은 FS 시스템을 이미 운용중임.	
17.3 17.7 GHz	이 주파수 대역은 전세계적으로 BSS 피더링크(지구-우주 방향)용 계획된 일부 주파수 대역임(APS30A). 이 사항은 S5.516에 따름. 제 2 지역에서는 S5.517에 따라 이 대역의 BSS 업무 분배에 따른 효력이 2007년 4월 1일부터 발생 공유 연구가 완벽하게 이루어져야 하고, FSS(우주-지구)와 a)BSS를 위한 정지 FSS 피더링크용으로 사용제한된 FSS(지구-우주), b) 제 2 지역의 BSS와의 공유 가능성을 결정하기 위한 연구가 계속 진행 중이다.	

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
	이 대역과 관련된 공유 문제들은 다음과 같다. - FSS(우주-지구) 위성의 BSS 피더링크 위성 수신기에 대한 영향 정지·비정지 우주국이 BSS 피더링크 위성 수신기에 미치는 간섭영향에 관한한, 이 상황은 인접대역인 17.7 18.1GHz 대역과 18.1 18.4GHz 대역에서 전세계적으로 일어나는 것과 같음. 정지 FSS로부터 APS30A 계획들을 보호하기 위해 사용할 수 있는 현 규정(Article 7*과 Section 1** of Annex 4 to APS30A: $\Delta T_s/T_s$ 임계치는 4%)들은 17.3 17.7GHz 대역에 적용할 수 있을 것임 비정지 FSS의 BSS 피더링크 위성 수신기에 대한 간섭 영향 연구에서는 이들 업무간의 공유가 가능함을 보였음. 가장 최악의 경우에 근접할 때에라도 BSS 피더링크 위성 수신기 보호를 위한 높은 여유치(margins)가 존재한다는 것을 우주 경로 간섭 평가에서 보여주고 있음을 WP 4A가 지적했다. - 제 2지역내 FSS(우주-지구)와 BSS 공유 지역내 공유 의견 : 제 2지역내에서 이 주파수 대역의 FSS(우주-지구) 분배는 이 지역의 BSS 시스템 구축에 제한을 가할 수 있을 수 있으므로 HDFSS로의 사용을 지지하지 않음. 지역간 공유 의견 : 인접 17.7 17.8 GHz 대역에서의 공유 문제와 유사하며, 제 1 지역과 3 지역에서 FSS 분배 문제는 새로운 것이 아님. 그러나, 현재의 지역간 공유 기준을 17.3 17.7GHz 대역에까지 확장해서 적용하는 것이 적합한가에 대해서 검토하는 것이 필요함.	

* Article 7 : 제 1·3지역 계획 또는 제 2 지역에 적합한 BSS용 피더링크전송지구국에 대한 주파수 할당이 포함된 경우, 제1·3지역 17.7 18.1GHz와 제 2지역 17.7 17.8GHz 대역 FSS(우주-지구)국에 대한, 그리고 제 2 지역 17.3 17.8GHz BSS국에 대한 국제주파수등록원부의 주파수 할당의 조정, 통고, 등재에 관한 절차

** Section 1 of Annex 4 to APS30A : 17.3 18.1 GHz(제 1·3 지역) 및 17.3 17.8 GHz(제 2 지역) 주파수 대역에서 피더 링크 계획의 수신 우주국과 FSS 또는 BSS 송신 우주국간의 조정이 필요할 때 이를 결정하기 위한 임계치

주파수 대역	WP4-9S 의견	WP4-9S 잠정 결론
	- 계획된 BSS 피더 링크의 HDFSS 지구국 수신기에 대한 영향 공유는 가능하나, 송신국이 HDFSS 수신국에 간섭을 줄 수도 있으므로 송신국 가까운 주변 지역내의 HDFSS 시스템 구축에 제한을 줄 수 있음. 감쇄 경감 기술을 이용해서 HDFSS 수신기에 미치는 간섭영향을 현저하게 줄일 수도 있음. HDFSS국들은 계획된 BSS 피더 링크에 대해 비보호된 상태에서 운용될 것임. 제 1 지역과 3 지역에서 특정 HDFSS 지구국은 S9.17A에 따른 적합한 조정기술을 통해 제 1·3 지역내 BSS 피더링크 지구국으로부터 보호를 받을 수 있음 [Note : 계획에 대한 수정이 있을 경우 수정내용에 대해 명확하게 설명되어져야 함] 17.3 17.7 GHz 대역(2차 업무)과 바로 아래 인접 대역(1차 업무)에서 세계 전 지역에 걸쳐 항행 시스템을 포함한 무선위치 시스템을 운용함. 무선표정(radiolocation) 업무(2차 업무)에 관련한 연구는 계속 수행되고 있음.[Note. 2차 업무 관련 연구에 대한 필요성이 확정되어야만 함] WRC-2003 의제 1.18에 따르면, 가능한한 17.3 17.7 GHz 부속대역에 1차 업무에 FS 분배 검토할 것을 권유 제 1·3 지역에서 이 대역은 FSS(우주-지구)와 HDFSS용으로 차후에 분배가 고려될 수 있으나, 제 2 지역에서 이 주파수 대역은 FSS(우주-지구)와 HDFSS용 후보 대역이 아님	

부록 2. EPFD↓ 연속곡선에 대한 Working Party 6S 연락문

WRC-97 Res.130에 따라, WP 4A는 GSO FSS 지구국 안테나 직경에 대한 EPFD↓ 및 GSO FSS 우주국 안테나 빔폭에 대한 EPFD↑ 연속곡선에 대한 DNR(Draft New Recommendation)를 개발하여 왔다. 이러한 작업과정에 ITU 전파규칙의 표 S22-1D의 제한값에 대한 알고리즘이 개발되었고, BSS 주파수 대역(11.7 12.5GHz 1지역, 11.7 12.2GHz과 12.5 12.75GHz 3지역, 12.2 12.7GHz 2지역)에 적용된다. WP 4A는 이 알고리즘을 WP 6S에 보냈으며, WP 6S에서 이 알고리즘을 근거로 자체 권고 또는 수정되거나 추가된 형식의 DNR을 개발하기를 원할 수 있다.

본문에서는 전파규칙의 표 S22-1D에 대한 EPFD↓ 제한값에 대한 연속곡선 유도방법을 포함한다.

(1) 연속곡선 유도방법(표S22-1D 허용제한값)

이 부록은 표 S22-1D에 정의된 제한값 부분에 대한 것이며, 다음 주파수 대역이 고려되었다.

11.7 12.5GHz 1지역;

11.7 12.2GHz과 12.5 12.75GHz 3지역;

12.2 12.7GHz 2지역.

유도 기준

기준 대역폭 : 40kHz

적용 가능한 GSO 시스템 경사각 : 2.5° 이하

적용 가능한 고도 : 60° 이하

적용 가능한 날짜 : 2001. 12. 31.

적용 가능한 안테나 직경 : 0.3 - 3m

유도된 값의 곡선은 전파규칙의 S22조의 표의 값을 Curve Fitting 하여 유도하였으며, 최선의 근사값이다.

(가) 주파수 대역 11.7 12.75GHz 대역에서 S22의 허용 제한값

이 대역에서의 허용 제한값 <표1>은 전파규칙 표 S22-1D으로부터 주어진 값이며, 시간율에 대해 초과 가능한 EPFD↓ 값이다.

<표1> non-GSO FSS 시스템에 의한 BSS 안테나에 대한 EPFD↓ 제한값

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB(W/m²)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭 (kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
11.7-12.5 in Region 1; 11.7-12.2 and 12.5-12.75 in Region 3; 12.2-12.7 in Region 2	-165.841 -165.541 -164.041 -158.6 -158.6 -158.33 -158.33	100 75 4.0 1.143 0.571 0.571 0	40	30 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-175.441 -172.441 -169.441 -164 -160.75 -160 -160	100 34 2.25 0.643 0.191 0.014 0	40	45 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-176.441 -173.191 -167.75 -162 -161 -160.2 -160 -160	100 2.2 0.629 0.114 0.057 0.029 0.003 0	40	60 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1

주파수대역 (GHz)	epfd↓ dB (W/m^2)	epfd↓이 초과될 수 있는 시간율	기준 대역폭 (kHz)	기준안테나 직경 및 복사패턴 기준
11.7-12.5 in Region 1; 11.7-12.2 and 12.5-12.75 in Region 3; 12.2-12.7 in Region 2	-178.94 -178.44 -176.44 -171 -165.5 -163 -161 -160 -160	100 67 2.0 0.571 0.286 0.143 0.057 0.009 0	40	90 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-182.44 -180.69 -179.19 -178.44 -174.94 -173.75 -173 -169.5 -167.8 -164 -161.9 -161 -160.4 -160	100 10 1.1 1.1 0.5 0.32 0.32 0.15 0.085 0.06 0.03 0.01 0.002 0	40	120 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-184.941 -184.101 -181.691 -176.25 -163.25 -161.5 -160.35 -160 -160	100 67 1.5 0.429 0.054 0.026 0.007 0.001 0	40	180 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-187.441 -186.341 -183.441 -178 -164.4 -161.9 -160.5 -160 -160	100 67 0.75 0.214 0.043 0.017 0.006 0.001 0	40	240 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1
	-191.941 -189.441 -185.941 -180.5 -173 -167 -162 -160 -160	100 67 0.5 0.143 0.086 0.049 0.017 0.009 0	40	300 cm Recommendation ITU-R BO.1443 Annex 1

허용 제한값 기준곡선은 EPFD↓(dB)값 사이의 선형보간법(linear interpolation)과 EPFD↓값이 초과될 수 있는 시간율 사이의 대수보간법(logarithmic interpolation)에 의해 구성된다.

(다) 주파수 대역 11.7 12.75GHz에서 허용 제한값에 대한 연속곡선(표 S22-1D)

EPFD↓에 대한 연속곡선은 다음의 Sigmoid 함수에 의해 정의된다. (대역폭 40kHz, 단위 dBW/m^2 , 주파수대역 11.7 12.75GHz, 안테나 직경 0.3 3m)

$$epfd_{S22-1D}(p,D) = B(D) + \frac{T(D)}{1+\exp\left(\frac{V(D)+\log p}{S(D)}\right)}, \quad 0.3 \le D \le 5 \qquad (1)$$

D ; 안테나 직경(m)
p ; epfd↓이 초과될 수 있는 시간율

$$B(D) = -180.3 - 13.25\log D + 4.82(\log D)^2 - 42.74(\log D)^3 \qquad (2)$$

$$T(D) = 20.15 + 13.78\log D - 1.117(\log D)^2 + 36.30(\log D)^3 \qquad (3)$$

$$V(D) = 0.4841 + 1.128\log D - 1.856(\log D)^2 + 1.509(\log D)^3 + 4.926(\log D)^4 \qquad (4)$$

$$S(D) = \begin{cases} 0.2394 - 1.327\log D - 2.990(\log D)^2 & \text{for } D \le 0.9m \\ 0.3631 + 1.129\log D - 5.908(\log D)^2 + 6.819(\log D)^3 & \text{for } D > 0.9m \end{cases} \qquad (5)$$

$$epfd_{S22-1D}(p,D) \le \begin{cases} -158.33 - 11.11(D - 0.30) & \text{for } 0.30 \le D \le 0.45m \\ -160 & \text{for } D > 0.45m \end{cases} \qquad (6)$$

표 S22-1D에서의 EPFD↓ 값과 비교할 때 연속곡선의 결과 오차는 최고 2dB이고 대부분 1.5dB 이내이다.

<그림 1>은 표 S22-1D와 시간율에 따른 4개의 안테나 직경(0.3, 0.45, 0.6, 0.9m)에 대한 연속곡선 결과의 EPFD↓ 제한값이며, <그림 2>는 안테나 직경 1.2, 1.8, 2.4, 3m에 대한 제한값이며, <그림 3>은 몇 가지 시간율에 대한 안테나 직경에 따른 EPFD↓의 변화를 설명한다.

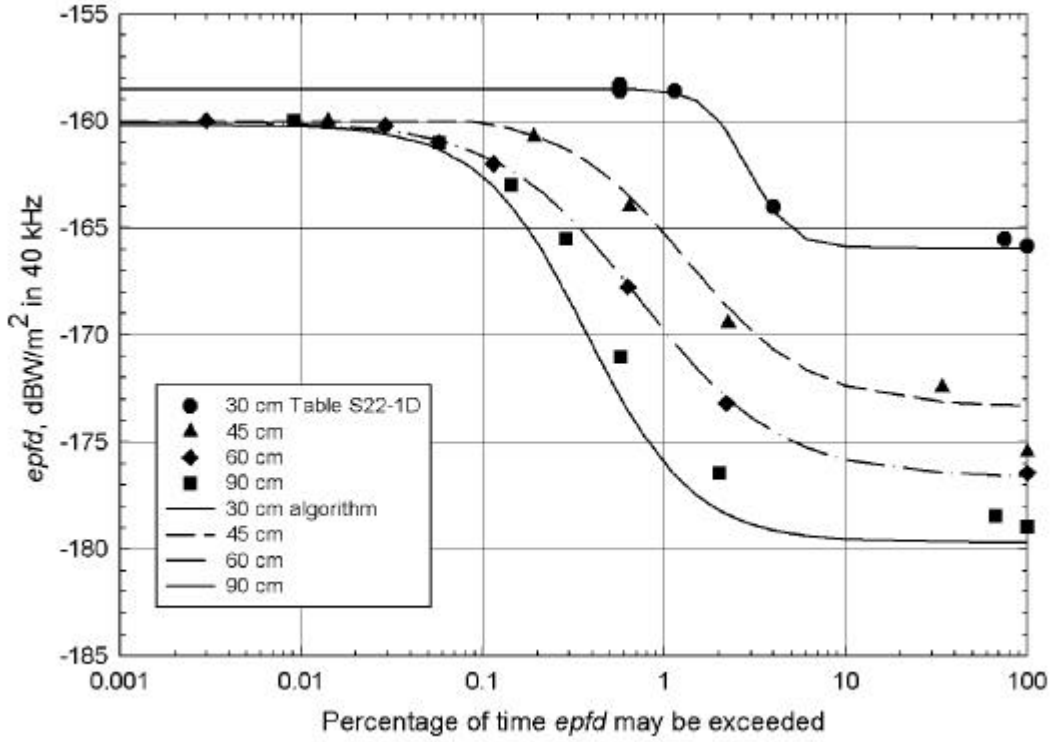


그림1. 표 S22-1D EPFD↓ 레벨 대 시간율

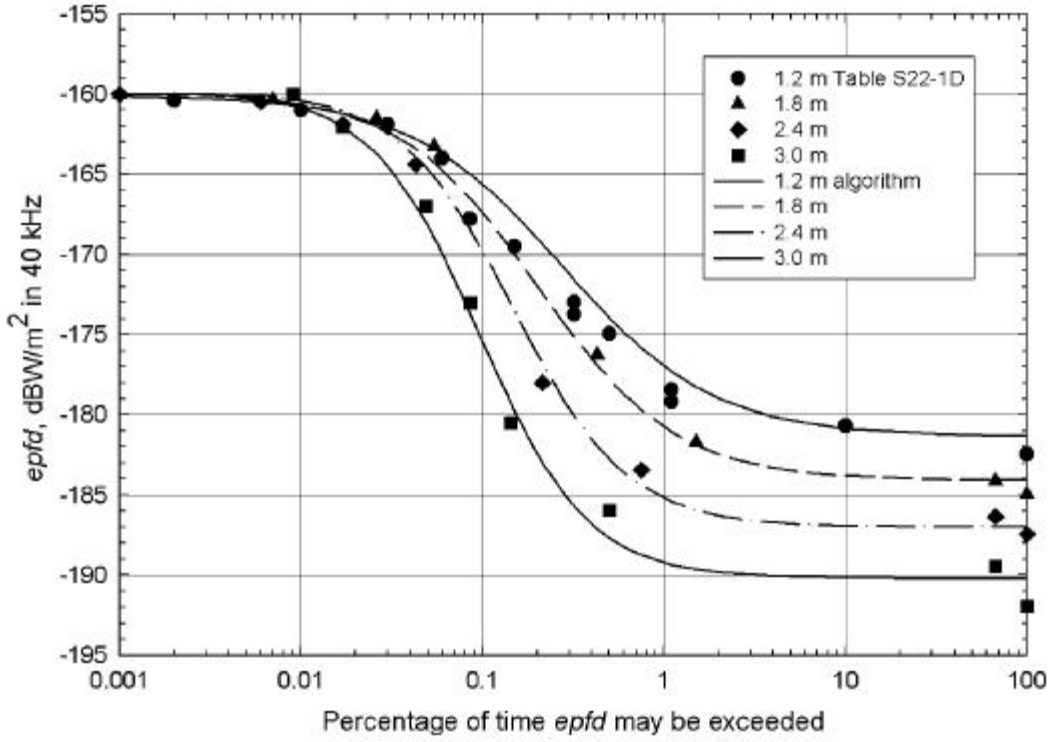


그림2. 표 S22-1D EPFD↓ 레벨 대 시간율

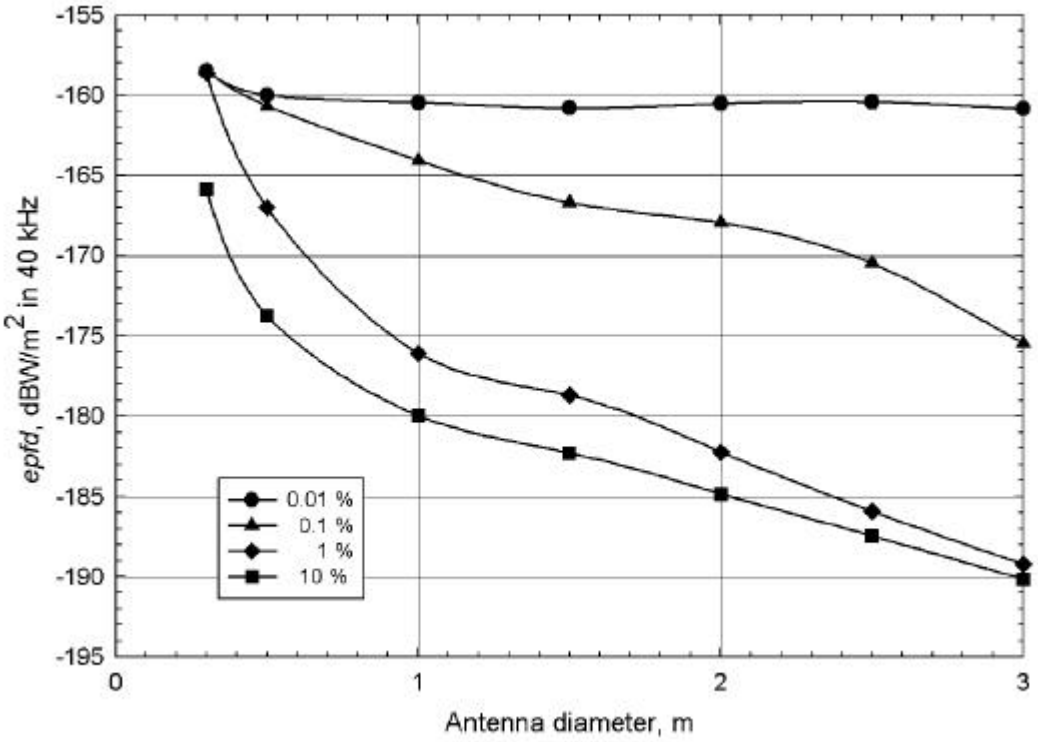


그림3. 전파규칙 표 S22-1D EPFD↓ 레벨 대 안테나 직경

부록 3. 우주국 및 지구국의 무선설비에 관한 기술기준 개정(안)

제4장 우주국 및 지구국의 무선설비

제8조(우주국 및 지구국의 무선설비) 우주국 및 지구국의 무선설비의 기술기준은 다음 각호와 같다.

1. 우주국

가. 궤도, 전파발사 정지등 위성운용에 관한 사항

⑴ 우주국은 원격지령에 의하여 전파발사를 즉시 정지할 수 있는 기능을 보유할 것

⑵ 우주국의 설치장소는 원격지령에 의하여 변경할 수 있을 것. 다만, 비정지위성에 대해서는 그러하지 아니하다.

⑶ 국제혼신 조정 등에 의해 필요하다고 인정되는 경우에는 공중선전력의 저감장치를 부착할 것

나. 전력속밀도의 허용치

⑴ 우주국에서 지표면에 발생하는 전력속밀도의 허용치는 별표 8-1과 같아야 하며, 비정지위성의 경우는 전파규칙 등 관련 국제 협약에 따를 것

⑵ 8,025 8,400㎒ 대역의 비정지 지국탐사위성에 의하여 정지위성 궤도에 발생하는 최대전력속밀도는 임의의 4㎑ 폭에서 -174[W/㎡]를 초과하지 않을 것

다. 궤도의 유지

⑴ 고정위성업무 또는 방송위성업무에 분배된 주파수를 사용하는 정지궤도상의 우주국은 (실험국 제외) 그 위치를 공칭경도의 ±0.1도 이내로 유지할 것

⑵ ⑴의 우주국 이외의 것으로서 정지위성 궤도에 설치된 것은 그 위치를 공칭경도의 ±0.5도 이내로 위치를 유지할 것

라. 정지위성 송신공중선의 지향 정밀도 : 정지위성에 설치된 우주국 송신 공중선의 지구지향 정밀도는 최대복사 지향 방향이

⑴ 반전력 빔폭의 10%가 공칭 지향 방향내에 있거나

⑵ 공칭 지향 방향에 대해서 0.3° 이내로 유지될 것. 이 경우 두

조건의 각도가 다를 경우에는 큰 것을 적용한다.

2. 지구국

가. 등가등방복사전력 제한

지구국의 지표선에 대한 등가등방복사전력의 허용치는 별표 8-2와 같을 것

나. 지구국의 기준방사도

고정위성업무를 수행하는 지구국의 송신의 경우 아래의 기준치를 적용할 것

$G=29-25\log\phi$ dBi $(1^\circ \leq \phi 7^\circ)$

$G=$ $+8$dBi $(7^\circ \leq \phi < 9.2^\circ)$

$G=32-25\log\phi$ dBi $(9.2^\circ \leq \phi < 48^\circ)$

$G=$ -10dBi $(48^\circ \leq \phi \leq 180^\circ)$

ϕ : 최대복사 방향으로부터의 각

다. 지구국(우주통신을 행하는 실험국을 포함한다) 송신공중선의 최대복사방향의 앙각은 각각 다음과 같은 값일 것

(1) 심우주(지구로부터의 거리가 2×10^{6}㎞상에 있는 우주를 말한다)와 관계있는 우주연구업무(과학 또는 기술에 관한 연구나 조사를 위한 우주무선통신업무를 말한다. 이하 같다)를 행할 경우에는 10도 이상

(2) (1)의 우주연구업무외의 우주연구업무를 행할 경우에는 5도 이상

(3) 우주연구업무외의 우주무선통신업무를 행할 경우에는 3도 이상

3. 지상업무용 무선국 운용제한 : 우주무선통신 업무용과 동등한 사용순위를 가지고 있는 대역에서 운용하는 지상업무용 무선국은 아래 사항을 준수해야 한다.

가. 1㎓ 10㎓ 대역

⑴ 최대 등가등방 복사전력은 55dBW를 초과하지 않을 것

⑵ 안테나에 공급되는 최대공중선전력은 13dBW를 초과하지 않을 것

⑶ 최대 등가등방복사전력이 35dBW를 초과하는 경우에는 송신

공중선의 최대복사 방향이 정지궤도로 부터 2° 이상 벗어날 것

나. 10㎓ 15㎓ 대역

⑴ 최대 등가등방복사전력은 55dBW를 초과하지 않을 것

⑵ 안테나에 공급되는 최대 공중선전력은 10dBW를 초과하지 않을 것

⑶ 최대 등가등방복사전력이 45dBW 이상의 경우에는 송신공중선의 최대 복사방향이 정지궤도로 부터 1.5° 이상 벗어날 것

4. 이동위성업무등 본 고시에 포함되어 있지 않는 사안은 전파규칙등 관련 국제협약에 따를 것

[별표 8-1]

우주국의 전력속밀도의 허용치(제8조제1호나목 관련)

주파수대	수평면위의 도래각(δ) 및 전력속밀도의 한계값(dBW/m²)			기준 대역폭
	0°-5°	5°-25°	25°-90°	
1675-1700MHz	-133			1.5MHz
1525-1530MHz 1700-1710MHz 2025-2110MHz 2200-2300MHz	-154	-154+0.5(δ-5)	-144	4kHz
2500-2690MHz	-152	-152+0.75(δ-5)	-137	4kHz
3500-4200MHz 4500-4800MHz 5670-5725MHz 7250-7850MHz	-152	-152+0.5(δ-5)	-142	4kHz
5150-5216MHz	-164			4kHz
6700-6825MHz	-137	-137+0.5(δ-5)	-127	1kHz
6825-7075MHz	-154	-154+0.5(δ-5)	-144	4kHz
	-134	-134+0.5(δ-5)	-124	1kHz
8025-8500MHz	-150	-150+0.5(δ-5)	-140	4kHz
10.7-11.7GHz	-150	-150+0.5(δ-5)	-140	4kHz
11.7-12.75GHz	-148	-148+0.5(δ-5)	-138	4kHz
15.43-15.63GHz	-127	5°-20°:-127, 20°-25°:-127+0.5(δ-5)	25°-29°:-113, 29°-31°:-136.9+25log(δ-20), 31°-90°:-111	1MHz
17.7-19.3GHz	-115	-115+0.5(δ-5)	-105	1MHz
19.3-19.7GHz 25.5-27.5GHz	-115	-115+0.5(δ-5)	-105	1MHz
31.0-31.3GHz 34.7-35.2GHz	-115	-115+0.5(δ-5)	-105	1MHz

[별표 8-2]

지구국의 등가등방복사전력의 허용치(제8조제2호가목 관련)

주파수대(GHz)	대 역 폭	앙 각(θ)	등가등방복사전력
1 15	4kHz	≤0°	40dBW
		0 < θ ≤5°	40+3 θdBW
15 이상	1MHz	≤0°	64dBW
		0 < θ ≤5°	64+3 θdBW

1) 1 15GHz 대역에서 심우주의 우주연구 업무용으로 사용하는 경우에는 최대등가등방 복사전력은 +55dBW로 한다.
2) 15GHz 이상 대역으로 심우주의 우주연구 업무용으로 사용하는 경우에는 최대 등가등방 복사전력은 +79dBW로 한다.
3) 앙각(θ)은 지구국 공중선의 복사 중심에서 본 지평선과의 각으로 정의함.
4) 1W를 0dBW로 한다.