

제 출 문

21 GHz 방송위성의 주파수 공유방안 연구

본 보고서를 「21 GHz 방송위성의 주파수 공유방안 연구」
과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2009. 12. 31

2009. 12.

연구책임자 : 이황재(기준연구과 위성기술담당)
연구원 : 임상희(기준연구과 위성기술담당)
이희경(기준연구과 위성기술담당)
양재혁(기준연구과 위성기술담당)

요 약 문

2007년에 개최된 WRC-07에서는 21.4 - 22 GHz 주파수대역에서 방송위성을 통한 HDTV(High-Definition Television, HDTV) 서비스를 제공할 수 있도록 방송위성의 국제등록 절차와 기술제원의 검토를 WRC-12의 의제 1.13으로 채택하였다.

본 연구에서는 21 GHz 대역 방송위성망의 국제등록 현황 및 현행 전파규칙에서 규정하고 있는 위성망 국제등록 절차에 대해 검토하고, ITU-R에서 수행 중인 WRC-12의 의제 1.13에 관련된 연구 현황을 분석하였다. 또한 비정지 위성시스템과 정지위성망간 간섭영향 분석연구와 Ku 및 Ka 대역에서 사용이 증가되고 있는 위성업무용 초소형지구국(Very Small Aperture Terminal, VSAT¹⁾)의 새로운 기술기준 등을 검토하였다.

방송위성업무용 위성망의 국제등록 절차에서는 WRC-12에서 현재 관련 결의(Resolution)로 정하고 있는 임시 절차(먼저 국제등록 신청된 위성망이나중에 국제등록 신청된 위성망에 비해 조정 우선권을 가짐)와 방송위성업무용 궤도 및 주파수를 각 국에 균등하게 할당하는 방안을 대안으로 검토하고 있다.

방송위성업무에 적용할 수 있는 공유 기준과 관련하여, 현재 국제전기통신연합 전파통신부문(ITU-R)의 관련 연구반에서는 기존의 전력속밀도(Power Flux-Density, pfd) 기준값, 전송제원 등을 개정하는 것에 대한 연구가 진행 중이다. 우리나라는 전체 회선 감쇠량(강우 및 구름에 의한 감쇠, 수증기 및 산소에 의한 가스 감쇠 등을 포함)을 사용하기로 합의하였다. 우리나라의 제안을 바탕으로 서울에 대한 연중 서비스 가용도 계산 결과를 반영하고, 제3지역의 pfd 기준은 현행 기준인 -105 (dB(W/m²·MHz))를, 제1지역에 대해서는 -115 (dB(W/m²·MHz))를 적용할 것을 제안하였다. 향후 전력속밀도 제한값 이외의 공유 기준, 간섭계산 방법론 및 동 대역에서의 강우감쇠 경감기법 등에 대한 논의가 본격적으로 진행될 것임을 고려하면 이에 대한 연구에 대하여 추가로 수행할 필요가 있다.

경사각이 큰 타원궤도를 이용하는 위성시스템은 비정지궤도 위성시스템의 범주에 포함되지만 다른 서비스에 야기하는 간섭 특성이 정지궤도를 이용하는 위성망과 유사한 경향을 보인다. 따라서 간섭을 받는 서비스의 입장에서 저궤도나 중궤도를 이용하는 비정지 위성시스템에 비해서 그 영향이 상당히 클 수 있다. 이러한 점을 고려하여, Ku 대역에서 경사각이 큰 타원궤도 위성시스템의 제원을 대상으로 우리나라 정지궤도 위성망으로의 간섭영향을 분석하였다. 경사각이 큰 타원궤도 위성시스템으로부터 정지궤도 위성망으로 간섭이 발생하는 경우에 대하여 시뮬레이션 한 결과, 간섭신호가 희망신호보다 적어도 30° 이상의 off-axis로 감쇠하여 유출되고 유입되는 결과를 도출하였다.

현재 전파 법령에서는 VSAT이 별도의 무선국으로 분리되어 있지 않아, VSAT 운용을 위해서는 일반 지구국에 적용되는 무선국 운용에 대한 8단계의 허가절차를 따라야 한다. 1997년 12월에 정보통신단체표준에서 국내 VSAT 관련 기술표준을 ITU-R 권고서 S. 725, S.726, S.727, S.728를 참조하여 제정된 바 있다. ITU-R S.727 등의 국제표준이 현재 신기술을 반영하여 개정되었으므로 이를 반영하여 무선설비규칙에 초소형지구국(VSAT)에 대한 정의를 신설(제2조 제1항 제121호)하고 초소형지구국의 적용범위, 규격 및 기능 조건에 대한 기술기준을 신설(제104조 제2-1항)하는 기술기준안을 마련하였다.

1) VSAT (Very Small Aperture Terminal, 초소형 지구국)은 초소형 안테나 (직경 0.6~1.8m)와 낮은 송신출력(1~4 W 급)으로 위성을 통하여 광대역 (최대 4 Mbps급) 양방향 통신을 제공하는 시스템

SUMMARY

In this study, the procedures for registration process in the Radio Regulations of broadcasting-satellite service technologies in the 21.4 - 22.0 GHz band in Regions 1 and 3 were analyzed. Study criterion of ITU-R and study results which are related to agenda item 1.13 were investigated and reviewed with regard to the sharing criteria for BSS systems in the band 21.4 - 22.0 GHz in Regions 1 and 3. Moreover, studies on the interferences analysis between non geostationary satellite service and geostationary satellite service in Ku band was performed. Last, the technical standard about VSAT based on satellite service was also studied and proposed.

Firstly, the procedures for registration process in the Radio Regulations were reviewed. Moreover, the meeting results of ITU-R SG4(satellite service matter), CPM report and SC-WP(Working Party of the Special Committee) associated with developing the procedure of broadcasting-satellite service in the band 21.4 - 22 GHz were also considered.

Secondly, a reference power flux-density for the broadcasting-satellite service has given in Recommendation as $-105 \text{ dB(W/m}^2\text{)}$ in any 1 MHz at the Earth's surface to be used in studies on sharing for the broadcasting-satellite service in this band in these Regions. It has been discussing in ITU-R on the application of different reference power flux-density values, $-105 \text{ dB}((\text{W/m}^2)/\text{MHz})$ and $-115 \text{ dB}((\text{W/m}^2)/\text{MHz})$, adjusting total link attenuation such as attenuation due to clouds and gaseous attenuation due to water vapour and oxygen.

Thirdly, the interests of satellite communication systems using elliptical orbits is growing due to the congestion of satellite communication systems using geostationary orbits (GSO). Satellite systems using elliptical orbit satellites are non-geostationary orbit (non-GSO) satellite systems but have some different operational features comparing with non-GSO satellite systems using circular orbits such as low earth orbits (LEO) and

medium earth orbits (MEO). The interference produced by satellites in GSO arc is long term in nature and the interference by non-GSO satellites in LEO or MEO is short term and time variable. The interference produced by non-GSO satellites in elliptical orbit is almost long term and time invariable. Satellite systems using GSO seem to suffer from the fatal interference caused by satellite systems using elliptical orbit. As a experimental result, interference signal is larger than desired signal by attenuated at least 30° off-axis angle. Considering operational and interference features of elliptical orbit satellite systems, it was studied on the interference from elliptical orbit satellite system into GSO satellite network in Ku-band.

The last, domestic VSAT technical standard was established TTA standard on December, 1997 referenced by ITU-R recommendations such as S. 725, S.726, S.727, S.728. However, it did not consider new technology related to satellite communication. Therefore, taking into account the new technology, the improvement of VSAT permission system and revised version of related ITU-R Recommendations, revision of the technical standard was proposed.

목 차

제1장 서론	11
제2장 21GHz 대역 방송위성업무용위성망의 국제등록 규정 절차 검토	13
제1절 서론	13
제2절 21GHz 방송위성업무용 위성망 등록 현황	13
1. 국가별 등록 현황	13
2. 우리나라 국제등록 현황	15
제3절 위성망 국제등록 규정 절차 검토	16
1. 비계획 위성망 국제등록 절차	17
2. 계획 위성망 국제등록 절차	17
3. 21GHz 대역 방송위성업무용 임시 절차	19
제3장 방송위성 주파수 공유기준 연구	21
제1절 서론	21
제2절 17.3 - 42.5 GHz 대역을 이용하는 방송위성시스템의 강우감쇠 경감기법 ..	22
1. 배경	22
2. 주요 개정내용	22
제3절 방송위성업무의 기준전력속밀도	23
1. 배경	23
2. 주요 개정내용	25
제4절 17.3 - 42.5 GHz 대역을 이용하는 방송위성시스템의 전송제한	26
1. 배경	26
2. 주요 개정내용	28
제5절 제 1, 3 지역에서 21.4 - 22 GHz 대역의 방송위성시스템간 공유기준 ..	29
1. 배경	29
2. 주요 개정내용	30
제4장 Ku 대역에서 경사각이 큰 타원궤도를 이용하는 비정지	
위성시스템과 정지 위성망간 간섭영향 분석	31

제1절 서론	31
제2절 고경사 타원궤도 위성시스템의 운용 특성	31
제3절 시뮬레이션 방법	33
제4절 시뮬레이션 결과	35
제5장 위성업무용 기술기준 검토	39
제1절 서론	39
제2절 국내 VSAT 현황	39
1. 국내 VSAT 활용분야	39
2. 국내 VSAT 개발 현황	40
제3절 국내외 VSAT 관련 기술기준	41
1. 국외 VSAT 관련 기술기준	41
2. 국내 VSAT 관련 기술기준	43
제6장 결론	45
참고문헌	47

표 목 차

[표 2.1] 각국별 21 GHz 대역 방송위성망의 ITU 국제등록 현황 ..	14
[표 2.2] 우리나라 21 GHz 대역 방송위성망 등록 제원	15
[표 2.3] ITU의 방송위성 계획	18
[표 3.1] 제3지역의 21 GHz 대역 방송위성업무 하향회선의 연중 서비스 가용도 예시	23
[표 3.2] 21 GHz 방송위성시스템의 전송제원	27
[표 3.3] QPSK1/2 에서의 C/N 값 및 링크마진	28
[표 4.1] 고경사 타원궤도 위성시스템 제원	34
[표 4.2] 정지 위성망 제원	35
[표 4.3] 고경사 타원궤도 위성시스템의 상향링크로부터 정지위성으로의 간섭	36
[표 4.4] 고경사 타원궤도 위성시스템의 하향링크로부터 정지위성 지구국으로의 간섭	37

그 립 목 차

[그림 2.1] 연도별 21 GHz 대역 방송위성망의 ITU 국제등록 현황	14
[그림 3.1] 결의 525(Rev.WRC-03)의 전력속밀도 제한값	24
[그림 4.1] 정지궤도와 북반구 및 남반구의 궤도 belt	33
[그림 4.2] 타원궤도 위성 궤적의 한 예	33
[그림 4.3] 고경사 타원궤도 위성시스템의 궤적	34
[그림 4.4] 지구국에서의 방위각대 양각	36
[그림 5.1] VSAT 시스템 구성 사례	40
[그림 5.2] 무선국 허가/검사 절차	43

제1장 서론

새로운 방송통신 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 더 많은 주파수 확보에 대한 문제가 대두되었고, 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로 주파수 대역의 전파특성상 사용에 어려움이 있었던 주파수 대역 이용 기술 연구에 대하여 관심이 증대되게 되었다. 그 하나의 일환으로 1992년에 개최된 세계 주관청전파통신회의(WARC-92)에서는 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송 위성을 통한 고화질 텔레비전(High-Definition Television, HDTV) 서비스를 위하여 동 주파수 대역을 제 1지역(유럽 및 아프리카 지역) 및 제 3지역(우리 나라를 포함한 오세아니아 지역)에 방송위성업무(Broadcasting-Satellite Service, BSS)용으로 분배(2007년 4월 1일 시행)하였다. 2007년에 개최된 세계전파통신 회의(World Radiocommunication Conference-07, WRC-07)는 동 주파수 대역에서 방송위성 이용에 필요한 국제등록 절차와 위성제원 등을 검토하기로 결의하고 이를 WRC-12 의제 1.13으로 채택하였다. 동 의제에 대한 책임 연구반으로 국제전기통신연합 전파통신부문(ITU-R) 내에서는 SG4(위성업무 연구반)의 WP4A(고정위성업무 작업반)를 지정하여 관련 연구를 수행하고 있다.

본 연구는 동 의제에 관한 연구로서, 해당 주파수 대역에서 방송위성업무의 원활한 시행과 더불어 국내 위성 전파 자원의 확보 및 보호 방안을 검토를 목적으로 21 GHz 대역 방송위성의 주파수 공유방안 연구를 목적으로 수행하였다. 이 연구에는 해당 주파수 대역에서 방송위성업무용 위성망의 국제등록 절차, 동 주파수 대역에서 방송위성업무의 주파수 공유에 관련된 ITU의 권고 및 보고서에 대한 국내 제안 내용과 개정내용을 소개한다. 또한 비정지 위성시스템과 정지위성망간 간섭영향 분석연구와 Ku 및 Ka 대역에서 사용이 증가되고 있는 위성업무용 초소형지구국(Very Small Aperture Terminal, VSAT²⁾) 관련 기술기준 등이 연구 범위에 포함되었다.

제1장에서는 본 연구의 배경과 연구 내용을 간략히 소개하였으며,

제2장에서는 동 대역에서 방송위성업무용 위성망의 국제등록 현황과 현행 전파 규칙에서 규정하고 있는 위성망 국제등록 절차에 대해 검토하고, 이와

관련된 ITU-R 연구 결과를 소개하였다.

제3장에서는 현재 ITU-R 권고 등에서 규정하고 있는 동 대역의 방송위성 업무에 대한 전송제원 및 주파수 공유기준과 이와 관련된 ITU-R의 연구 결과를 정리하였다.

제4장에서는 Ku 대역에서 경사각이 큰 타원궤도를 이용하는 비정지 위성 시스템과 정지 위성망간 간섭영향을 분석하였으며, 제5장에서는 국내·외 적으로 수요가 증가하고 있는 위성서비스의 초고속통신 서비스인 초소형 지구국(VSAT) 관련 기술기준 검토결과를 소개하고 있다.

마지막으로 제5장에서는 본 연구의 연구 결과를 정리하고 결론을 맺었다.

2) VSAT (Very Small Aperture Terminal, 초소형 지구국)은 초소형 안테나 (직경 0.6~1.8m)와 낮은 송신출력(1~4 W 급)으로 위성을 통하여 광대역 (최대 4 Mbps급) 양방향 통신을 제공하는 시스템

제2장 21GHz 대역 방송위성업무용 위성망의 국제등록 규정 절차 검토

제1절 서론

1992년에 개최된 WARC-92에서는 21.4-22 GHz 대역에서 제 1지역 및 제 3지역의 방송위성업무를 2007년 4월 1일 이후에 시행하도록 하였다. 그리고 2007년 4월 1일 이후에 이 대역에서 고화질 텔레비전(HDTV) 시스템 도입을 위해 향후 세계전파통신회의에서 명확한 규정이 채택될 때까지 유연하고 공평한 방법으로 규제할 것을 결의(결의 525 3)하였다.[1]

이를 위해 2007년에 개최된 WRC-07에서는 의제 1.13으로 채택하여 21.4-22 GHz 주파수대역에서 방송위성을 통한 HDTV 서비스를 위한 위성의 국제등록 절차와 기술제원 검토를 수행하였으며, 2012년에 개최되는 WRC-12를 대비하여 제1지역 및 제3지역에서의 21.4-22GHz 대역 및 관련 피더링크 대역에서의 방송위성서비스 기술과 관련된 기술 및 규정 연구를 지속할 것을 결의(결의551 4) 하여 WRC-12 의제 1.13으로 채택하였다.

본 연구에서는 21 GHz 대역 방송위성망의 국제 등록 현황 및 현행 전파 규칙에서 규정하고 있는 위성망 국제등록 절차에 대해 검토하고, ITU-R 에서 수행 중인 관련 연구 결과를 소개하고자 한다.

제2절 21GHz 방송위성업무용 위성망 등록 현황

1. 국가별 국제등록 현황

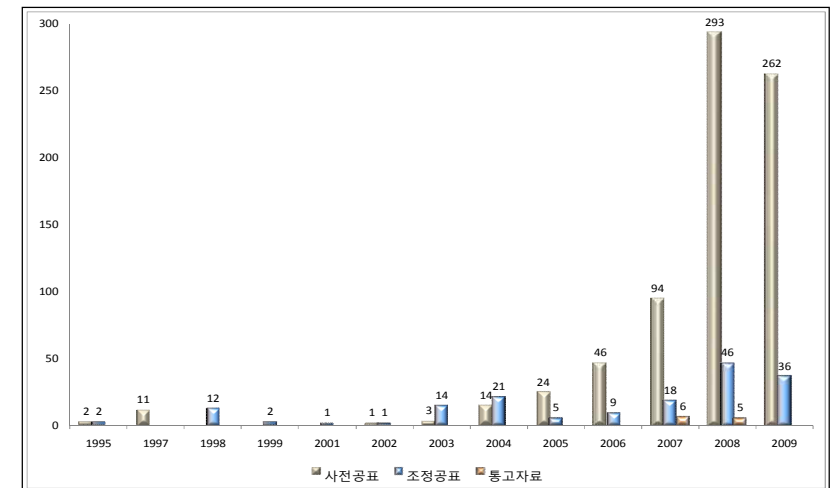
21 GHz 대역에서 HDTV용 방송위성서비스를 위해 각 국에서는 위성 궤도 주파수 자원을 선점하기 위해 경쟁적으로 국제등록을 진행 중에 있다. 표 2.1 와 그림 2.1에서는 1995년 이후부터 2009년 12월까지 국제등록을

진행 중이거나 완료한 위성망의 현황(30개 국가 739개 위성망)과 년도별 현황을 나타내었다.

표 2.1 각국별 21 GHz 대역 방송위성망의 ITU 국제등록 현황

국가명	위성망 수	국가명	위성망 수
대한민국	3	말레이시아	22
프랑스	203	이집트	5
프랑스(유럽)	14	카자흐스탄	8
노르웨이	7	아랍에미리트	124
스웨덴	9	베트남	21
중국	54	러시아	1
사우디아라비아	8	방글라데시	1
스페인	1	영국	7
네덜란드	21	이탈리아	3
호주	6	싱가폴	3
룩셈부르크	149	터키	16
코트디부아르	13	우크라이나	3
파푸아뉴기니	7	파키스탄	8
카타르	5	인도	6
키퍼러스	8	일본	3

그림 2.1 년도별 21 GHz 대역 방송위성망의 ITU 국제등록 현황



3) 결의 525 : 제 1, 3지역에서 21.4~22 GHz 대역 HDTV용 방송위성업무의 도입

4) 결의 551 : 제 1, 3지역에서 방송위성업무용 21.4-22 GHz 대역과 피더링크 대역의 이용

21 GHz 대역 방송위성업무용을 위한 국제등록을 추진 또는 완료한 739개 위성망 중 결의 525 발효 일자인 2007년 4월 1일 이후 국제등록을 추진한 위성망은 우리나라 3개 위성망을 포함하여 637개 위성망이다. 이는 세계 각국이 집중적으로 21 GHz 대역에서 HDTV용 방송위성서비스를 위해 국제등록을 추진하고 있다는 것을 알 수 있으며, 자국의 신규 위성 전파자원 확보를 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있는 결과라 할 수 있다.

2. 우리나라 국제등록 현황

1992년에 개최된 WARC-92에서 2007년 4월 1일부터 21.4~22.0 GHz를 1, 3지역에 방송위성업무용(HDTV 시스템)으로 분배하였다. 이에 우리나라는 21 GHz 대역에서 방송위성업무용 위성궤도 및 주파수 사전확보를 위해 2007년 5월 3개의 위성망을 ITU의 전파통신사무국(Radiocommunication Bureau, BR)에 국제등록 신청하였고 2007년 6월 국제주파수정보회의(International Frequency Information Circular, IFIC⁵⁾) 제2596호의 특별란(Special Section)에 공표되었다. 또한, 2007년 10월에 조정공표자료를 제출하여 BR IFIC 제2614호에 공표되었다. 표 2.2에 우리나라 위성망에 대한 주요 제원을 나타내었다.

표 2.2 우리나라 21GHz 대역 방송위성망 등록 제원

위성망명 및 궤도	KORBSAT-113E(113E), KORBSAT-116(116E), KORBSAT-128.2(128.2E)
주파수(GHz)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 방송링크용 : 21.4~22.0 ○ 피더링크용 : 24.75~25.25, 27.0~31.0 ○ 관제용 : 12.25~12.75, 14.0~14.5
운용예정일	2014년 상반기

우리나라는 21 GHz 대역에서 HDTV 방송위성업무용 위성 궤도 및 주파수 자원을 선점하고, 향후 도입될 위성을 이용한 HDTV 방송을 선도하기 하기 위해 정부 주도로 위성망 국제등록을 추진하고 있다. 이를 위해 우리나라 KORBSAT 계열 3개 위성망은 ITU 결의 525에 의한 국제등록 임시 절차에 따라 비계획 위성망 국제등록 절차(전파규칙(Radio Regulations, RR) 9조 및 11조 등)을 준용하여 국제등록을 진행 중에 있다. 따라서 차기 WRC에서 21 GHz 대역 방송위성업무용 위성망의 국제등록 규정 절차가 계획 위성망 등록 절차를 적용할 경우에도 국제등록 중인 우리나라 위성망 국제등록에 영향이 없도록 관련 회의에서 적극적인 입장 제시가 필요하다.

제3절 위성망 국제등록 규정 절차 검토

한정된 궤도 및 주파수 자원에 대한 각 나라의 확보 경쟁이 증가하고, 이미 확보된 자원에 대하여 효율적으로 관리할 필요성이 대두됨에 따라 이를 체계적으로 운용하기 위하여 ITU에 규정 및 지침을 두고 있다. 이에 따라 각국은 전파규칙에 의거하여 주파수 및 궤도 자원을 확보 하고 있다.

전파규칙은 WRC에서 제·개정되며, 통신 및 방송에 이용되는 전파자원(위성의 궤도 및 주파수 등)은 크게 계획된 자원과 비 계획된 자원으로 나누며 각국의 전파 주권 보호와 전파자원의 효율적 이용을 추구하고 있다[2].

계획된 자원은 RR의 부록(Appendix, AP) 30, 30A 및 30B에 나타나 있으며, AP 30은 방송위성업무용, AP 30A는 방송위성업무의 피더링크를, 그리고 AP 30B는 계획된 고정통신위성업무에 관한 내용이 기술되어 있다. 한편 비 계획된 자원에 관한 위성망의 국제 등록은 ITU의 "First Come, First Served" 원칙에 의해 실질적인 자원이용에 관계된 주관청과의 조정을 통해 획득되며, 국제 규정에 따른 혼신 조정과정을 거쳐 ITU에 등록하여야만 국제적으로 보호받을 권리 확보가 가능하게 된다. 만약 조정완료 없이 전파 혼신 발생할 경우에는 상대 주관청의 요구에 따라 즉시 운용을 중단하여야만 한다. 따라서 비 계획된 전파자원의 확보와 향후 운용 시에 다른 나라의 유해한 혼신으로부터 보호받기 위해서는 위성망의 국제 등록과 아울러 등록을 위한 조정이 필수적으로 수행되어야만 한다[2].

5) 국제주파수정보회의(IFIC) : 전파규칙 9.2B, 9.5D, 11.28 11.43 등에 따라 ITU에 접수된 모든 위성망 정보를 격주로 BR에서 공표하는 회람

6) 전파규칙 9조는 위성망 사전공표, 조정공표 및 조정 절차에 대해 규정하고 있으며, 11조는 위성망 통고 및 국제주파수등록원부로의 등재에 대해 규정하고 있음

위성전파자원의 이용을 위하여 계획 자원을 이용하고자 할 경우와 비 계획 자원을 이용하고자 할 경우에 따라 국제등록 절차는 구별되며, 그 내용은 다음과 같다.

1. 비계획 위성망 국제등록 절차[2]

비 계획된 자원을 이용하는 위성망 국제 등록은 사전공표, 조정 및 통고 등의 절차를 통해 이루어진다.

사전 공표는 전파규칙 9조에 따라 위성망(정지 및 비정지 궤도)의 국제등록 절차를 개시하는 절차로써 신규 위성망 뿐만 아니라 위상망 주파수의 추가 및 $\pm 6^\circ$ 이상 궤도 변경 시 위성망의 일반적인 정보를 각국이 ITU에 제출하고 ITU의 BR에서는 등록 정보가 전파규칙에 일치하는지 여부를 확인하여 규정에 일치하는 공표 자료는 IFIC에 공표 한다.

조정 공표 자료는 위성망의 상세제원(출력, 전파형식 등)을 제공하는 것으로써 사전공표 자료의 접수일로부터 6개월이 경과된 후 접수일로부터 24개월 이내에 제출하여야 하며, 조정공표 접수일은 위성망 보호의 우선 순위결정에 중요한 일정이 된다. 이러한 조정 공표는 RR 부록 4에서 규정된 정지 및 비정지 위성망의 상세 정보를 송부하면 IFIC에 공표된다.

통고는 조정 절차를 완료한 후 운용 예정일 이전 3년 이내에 RR 11조에 따라 ITU BR에 통고 자료를 송부하여야 한다. BR에서는 통고서 양식에 기재하여야 할 정보 심사 및 주파수 분배표와 관련 규정의 준수 여부, 다른 주 관청과의 조정 절차의 준수 여부, 다른 주파수 할당으로의 유해한 간섭 여부 등의 기술적 심사를 한다. 심사가 완료될 경우 BR은 해당 주파수 할당을 MIFR에 등재하게 된다.

2. 계획 위성망 국제등록 절차[2]

위성궤도 및 주파수 자원은 한정되어 있고, 세계 각국의 위성 기술의 발달 정도가 다름에 따라 일부 선진국들의 위성 자원 독점 현상이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 1977년 세계무선주관청회의(World Administrative Radio Conference, WARC)에서 제 1지역 및 제 3지역의 방송위성업무계획을 대역폭은

27MHz, 궤도는 6° 간격으로 결의하였고 제 2지역 방송위성계획은 WARC-83에서 결의하였다. 한편 방송위성업무를 위한 피더링크 계획은 제 1지역 및 제 3지역은 WARC-88을 통해 작성되었으며, 제 2지역에서는 WARC ORB-83 및 WARC ORB-85에서 결의되었다.(표 2.3참조)

표 2.3 ITU의 방송위성 계획

계획	지역	주파수 (GHz)	년도
BSS	1	11.7 ~ 12.5	1977
BSS	3	11.7 ~ 12.2	1977
BSS	2	12.2 ~ 12.7	1983
피더링크	2	17.3 ~ 17.8	1983/85
피더링크	1 & 3	14.5 ~ 14.8*	1988
피더링크	1 & 3	17.3 ~ 18.1	1988

* 제1, 3지역의 피더 링크 주파수대 (14.5~14.8GHz대)에서 유럽 지역은 제외

고정위성업무계획은 정지위성궤도의 공정한 분배 및 궤도의 효율적인 사용을 위하여 WARC-88에서 채택되었다.

전파규칙에서 규정하고 있는 계획 대역은 방송위성업무 계획(부록 30), 방송위성 피더링크 계획(부록 30A) 및 고정위성업무 계획(부록 30B)이다.

WRC-2000에서는 보다 경제적인 방송위성 시스템 구축을 도모하기 위하여 제 1지역에는 국가당 10개의 채널을, 제 3지역에는 국가당 12개의 채널 할당을 결의하였다. 그리고 방송위성업무를의 궤도 및 주파수 자원의 독점화 방지를 위해 채택된 또 하나의 대책으로, 방송위성계획을 변경한 주파수 할당을 계획에 포함하는 것이 아니라, 국제주파수등록원부(Master International Frequency Register, MIFR)내에 별도 목록(List)에 기재하는 것으로 하였다. 이에 따라 방송 위성업무 계획 제원을 변경 또는 추가하여 신청한 위성망의 경우 15년간 운용을 보장하고 그 기간이 경과한 후 최대 15년 연장 할 수 있도록 하였다. WRC-2000에서 각국에 할당된 방송위성업무용 계획 제원을 변경 없이 운용하고자 할 경우에는 ITU BR에 신청 자료를 제출하면 된다.

그러나 계획 제원을 변경 또는 추가하여 이용하고자 하는 경우에는 부록 30 및 30A의 4조에 따라 운용 예정일 이전 8년 이내에 국제등록을 신청하여야

한다. 관련 신청 자료가 접수되면 ITU BR은 해당 위성망의 국제등록에 따른 간섭예상 주관청을 확인하여 공표하고, 통고 주관청은 간섭이 예상되는 주관청과 혼신 제거를 위해 조정을 수행하여야 한다.

간섭 예상 주관청과 조정이 완료된 후 통고 주관청은 부록 4에 따른 정보를 ITU BR에 제출하여야 하며, BR은 RR 규정 절차 준수 및 조정 동의 여부 등을 심사하고 이상이 없을 경우 MIFR에 등재한다.

3. 21GHz 대역 방송위성업무용 국제등록 절차

1992년에 개최된 WRC-92에서 21.4~22.0GHz을 1, 3지역에 방송위성업무용(HDTV 시스템)으로 분배한 이후 관련 위성망의 국제등록을 위한 규정 절차가 마련되지 않아 다음과 같은 임시 절차에 따라 국제등록을 추진토록 하고 있다.

향후 WRC에서 관련 규정 절차 및 기술적 제한이 확정되기 전까지 적용할 규정 에 대해 결의 525에서는 제 1, 3지역의 21.4-22 GHz 대역에서 주파수 분배 표에 따라 운용중인 방송위성업무 외의 모든 업무(고정 업무 및 이동업무)들은 방송위성업무에 유해 간섭을 야기하지도 않고, 방송위성업무로부터 보호를 요청 하지도 않는 조건으로 운용할 수 있도록 규정하고 있다.

또한 향후 WRC에서 명확한 절차가 결정될 때까지 제 1, 3지역의 21 GHz 대역에서의 방송위성업무용 위성망을 운용하기 위해서는 비계획 위성망 국제 등록 절차인 RR 9조 및 11조를 잠정적으로 따르도록 하고 있다.

따라서 21 GHz 대역에서의 방송위성망 국제등록을 위한 현행 임시 절차를 정식 국제등록 규정 절차로 확정하기 위해 2012년에 개최되는 WRC-12에서는 의제 1.13으로 채택하였으며, ITU-R SG4에서 관련 연구를 수행 중에 있다.

지난 2008년 11월에 개최된 ITU-R SG4 및 특별위원회 작업반(Working Party of the Special Committee, SC-WP) 회의에서는 21GHz 대역에서 HDTV용 방송위성업무에 적용할 규정 절차와 관련하여 다음과 같은 등록 방안에 대해 검토했다[3].

- Method A : 각 국에 일정한 기술적인 제한 특성 및 용량의 계획을 통해 장기간에 대한 주파수 및 궤도 자원을 할당하는 방법 (현행 RR 부록 30, 30A, 30B에 따른 방식과 유사)

- Method B : 선점원칙을 통한 자원의 할당 방법 (현행 RR 9조 및 11조에 따른 방식과 유사)
- Method C : 선점원칙을 통한 자원의 할당 방법을 따르되, 국가당 등록 위성시스템 수 및 서비스 영역 등을 제한(러시아 제안)

2009년 ITU-R SG4 WP4A 회의에서는 SC-WP 회의에서 논의된 위 3가지 방법에 대해 제차 논의 되었으며, 러시아는 21.4-22 GHz 대역에 방송위성 업무 주파수 할당을 갖지 않는 주관청이 그 영토 내에 서비스 영역이 국한된 조건으로 "special submission"을 할 경우, 해당 주관청에 위성 궤도 및 주파수 자원 분배를 보장하는 절차의 적용을 근간으로 하는 방법 B*를 세 부적으로 제안하여 방법 C로 수정되어 포함되었다. 캐나다는 제 1지역 및 제 3지역의 21GHz 방송위성업무용 시스템이 제2지역의 고정업무 시스템을 완전히 보호하기 위한 pfd 값이 연구되어야 하며, 양 업무에 간섭경감 기법의 적용이 고려되어야 한다는 입장을 제시하여 WRC-12가 제 2지역 지상업무의 보호를 결정할 경우 고려할 수 있는 규정 방법(hard limit 적용 또는 조정 절차 적용)을 CPM 보고서 초안에 포함하였고 이에 대한 세부적인 사항은 향후 논의하기로 하였다. 또한 우리나라는 결의 551의 고려사항에 명시하였듯이 사전 계획 방법이 필요치 않으므로 기존 작업문서에 포함된 방법 C(사전 계획 방법) 및 이와 관련된 사항을 삭제할 것을 제안하여 방법 C에서 사전계획방법이 삭제되었으며 각 국의 추가 제안에 대해 관련 회의에서 지속적인 논의를 계속 수행하기로 하였다.

한편 ITU-R 관련 회의에서 계획 또는 비계획 위성망 등록절차 적용에 대해 구체적으로 확정하지 못하고 있으나, 추후 등록 절차에 대한 논의가 수행될 때 우리나라의 등록 중인 위성망에 영향이 없도록 적극적으로 의견을 제기할 예정이다.

제3장 방송위성시스템의 주파수 공유 연구

제1절 서론

새로운 방송통신 서비스에 대한 수요 증가에 따라 더 많은 주파수 확보가 당면한 문제가 되었고 이를 해결하기 위한 하나의 방법으로 주파수 대역의 특성상 사용에 여러 가지 어려움이 있었던 주파수 대역에 대한 이용 기술 연구가 주목을 받게 되었다. 그 하나의 일환으로 2장의 서론에서 설명한 것과 같이 21.4 - 22 GHz 대역에서 방송위성 이용에 필요한 국제등록 절차와 위성 제원 등을 검토하기로 결의하고 이를 WRC-12 의제 1.13으로 채택하였다[1].

ITU-R 내에서 SG4(위성기술연구반)의 WP4A(고정위성업무 연구반)를 동 의제의 책임 연구반으로 지정하였으며, 현재 WP4A에서는 이에 대한 연구가 수행 중에 있다[2][4][5][6].

제3장에서는 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무의 공유 기준에 관한 수행된 기초 연구결과와 ITU-R 내에서 지금까지 수행한 동 지역 동 대역의 방송위성업무와 관련된 공유 기준 연구 결과를 검토 정리하고 동 이슈에 대한 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

특히, 결의 525에서 추가적으로 고려해야 할 ITU-R 권고 및 보고서 사항으로 언급한 방송위성업무에 대한 강우 감쇠 경감기술에 대한 ITU-R 권고 BO.1659[7], 동 지역 동 주파수 대역의 방송위성업무에 대한 기준 전력속 밀도를 권고 하고 있는 ITU-R 권고 BO.1776⁸⁾[8], 동 지역 동 주파수 대역의 정지궤도 방송위성업무간 공유 기준을 제안하고 있는 ITU-R 권고 BO.1785⁹⁾ [9]과 17.3 - 42.5 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무 및 관련 피더 링크의 시스템 파라미터에 관한 ITU-R 보고서 BO.2071¹⁰⁾[10]에 대하여 2009년 4월과 9월에 개최된 ITU-R WP4A회의에서 제안되고 검토된 기고서를 중심으로 분석하고 주요 회의결과를 설명하고자 한다.

- 7) ITU-R 권고 BO.1659 : 17.3 - 42.5 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무 시스템에 대한 강우감쇠 경감 기술
- 8) ITU-R 권고 BO.1776 : 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무의 기준 전력속밀도
- 9) ITU-R 권고 BO.1785 : 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 정지궤도를 이용하는 방송위성업무 시스템간의 주파수 공유에 적용될 공유 기준
- 10) ITU-R 보고서 BO.2071 : 17.3 - 42.5 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무 및 관련 피더 링크의 시스템 파라미터

제2절 17.3~42.5 GHz 대역을 이용하는 방송위성시스템의 강우감쇠 경감기법

1. 배경

제 1, 3지역에서 21.4~22 GHz 대역의 방송위성시스템에 대한 강우감쇠 경감 기법을 기술하고 있는 ITU-R 권고 BO.1659[7]에서 08년도 4월 10월에 개최된 ITU-R WP4A 회의에서 우리나라는 우리나라 서울에서의 강우 감쇠 및 HDTV 방송위성시스템에 대한 서비스 가용도를 연평균 0.01%에 해당되는 지역의 강우율을 33.2 mm/hr 를 적용하였으나, 현재 발효 중인 ITU-R 권고 P.837[11]에서는 50.6 mm/hr로 권고되어 있어 이를 기준으로 서울 지역의 각 주파수 대역별 강우 감쇠 및 21 GHz 대역의 서비스 가용도를 분석하여 이 결과가 적절히 반영되도록 ITU-R 권고 BO.1659를 개정할 것을 제안하였다.

WP4A 2차 회의결과 우리나라 제안을 바탕으로 서울에 대한 연중 서비스 가용도 계산 결과인 노이즈 발생 확률을 99.93%에서 99.87%로 개선하여 개정하고, 제3지역의 PFD 기준은 현행 기준인 $-105 \text{ dB(W/m}^2\cdot\text{MHz)}$ 를, 제1지역에 대해서는 $-115 \text{ dB(W/m}^2\cdot\text{MHz)}$ 를 적용하도록 본 권고서의 개정 예비초안을 수정하여 의장보고서에 반영하였다[12].

2. 주요 개정 제안 내용

권고서 ITU-R BO.1659에 대하여 WP4A 작업반 3차 회의('09년 4월)에서는 룩셈부르크의 기고서를 바탕으로 논의 진행되었다. 룩셈부르크는 제 1, 3지역 일부 도시의 21 GHz 대역 방송위성업무 하향회선의 연중 서비스 가용도를 계산해서 업데이트하는 기고문을 작성했으며, 특히 제 3 지역에 대해서는 pdf로 -115 및 $-120 \text{ dB(W/(m}^2\cdot\text{MHz))}$ 를 추가한 계산 결과를 개정안에 포함할 것을 제안하였다. 제 1, 3지역 일부 도시의 21 GHz 대역 방송위성업무 하향회선의 연중 서비스 가용도를 제시한 표 3.1을 갱신하였고, 제 1 지역에서는 북반구인 파리 대신 남반구의 프레토리아를, 제 3 지역에서는 웰링턴을 추가하였으며 회의결과 본 권고서의 개정 예비초안으로 채택하여 의장 보고서에 첨부하였다.

표 3.1 제3지역의 21 GHz 대역 방송위성업무 하향회선의 연중 서비스 가용도 예시

	도쿄	쿠알라룸푸르	서울	방콕	웰링톤
앙각(degrees)	38	77.4	44.9	73.5	42.3
pdf (dB(W/m ² ·MHz))	-105	-105	-105	-105	-105
전체 C/N	5.6 dB	99.98 %	99.81 %	99.98 %	99.88 %
	7.5 dB	99.97 %	99.77 %	99.97 %	99.85 %
	10.7 dB	99.95 %	99.68 %	99.95 %	99.78 %
	17.0 dB	99.80 %	99.36 %	99.83 %	99.40 %
R _{0.01} (mm/h)	48.3	93.6	50.6	87.1	41.7
강우감쇠 (dB)	10.5	26.3	14.2	21.5	6.4

제3절 방송위성업무의 기준 전력속밀도

1. 배경

제 1, 3 지역에서 21.4~22 GHz 대역의 방송위성시스템의 전력속밀도(PFD, Power Flux Density)를 기술하고 있는 ITU-R 권고 BO.1776[8]는 결의 525(Rev.WRC-03)는 어떤 국가의 영토 내에 하나의 우주국의 방사에 의해서 지표면에서 생성되는 전력속밀도 제한값을 다음과 같이 제시한다.

-115	dB((W/m ²)/MHz)	for 0° < θ < 5°
-115 + 0.5 (θ-5)	dB((W/m ²)/MHz)	for 5° < θ ≤ 25°
-105	dB((W/m ²)/MHz)	for 25° < θ ≤ 90°

여기서 θ는 수평면에 대한 도래각이고, 위의 전력속밀도 제한값은 자유공간 손실을 가정하여 얻어진 값이다. 그림 3.1은 결의 525(Rev.WRC-03)의 전력속밀도 제한값을 도시한 것이다.

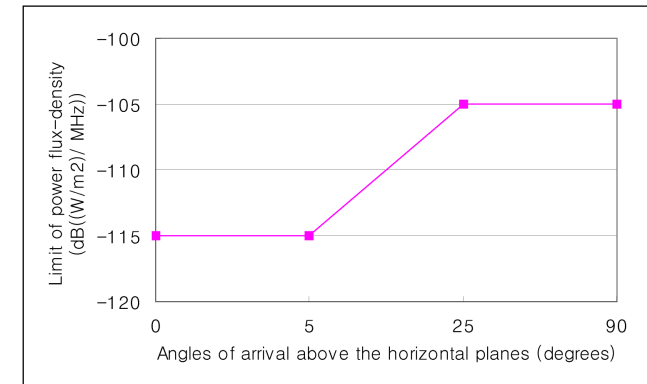


그림 3.8 결의 525 (Rev.WRC-03)의 전력속밀도 제한값

2007년 4월 1일부터 제 1지역 및 제 3지역에서 동 주파수 대역의 방송위성업무 시행이 발효되었기 때문에, WRC-07은 결의 525(Rev.WRC-03)에서 전력속밀도 제한값을 삭제하였다[1]. 이는, 동 대역에 분배된 1차 업무 중 실질적으로는 방송위성업무만이 1차 업무로서의 권리를 갖게 되고 다른 업무는 마치 2차 업무와 같은 권리를 갖게 됨으로써, 방송위성업무와 다른 업무 즉, 고정업무나 이동업무와의 공유가 무의미해졌기 때문이다. 결과적으로 방송위성업무와 이들 업무와의 공유 기준이었던 방송위성업무의 전력속밀도 제한값 역시 존재 이유가 사라진 것이다.

ITU-R 권고 BO.1776 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무에 대한 공유 연구에 사용될 지표면에서의 기준 전력속밀도 제한값으로, 강우감쇠를 보상하고 높은 연간 서비스 가용도를 얻기 위하여, -105 (dB(W/m²·MHz))가 고려되어야 한다고 권고하고 있다. 감우감쇠 영향이 적은 국가들에 대해서는 이보다 작은 전력속밀도 제한값이 고려될 수 있다. 동 권고의 세부 제한 전력속밀도 제한내용은 08년 자체연구 보고서 3장을 참고하기 바란다[13].

08년도 4월 및 10월에 개최된 ITU-R WP4A 회의에서 우리나라는 ITU-R 권고 P.837에서 우리나라에 적용된 강우율을 이용하여 주파수 대역별 강우감쇠와 서울에서의 연중 서비스 가용도 분석 결과를 제시하였다. 룩셈부르크는 제 1지역의 3개 도시(모스크바, 파리, 이스탄불)에 대해서 기준 전력속밀도를 -115 dB((W/m²)/MHz)로 하여 21 GHz 주파수 대역의 방송위성업무 하향 링크에

대한 연중 서비스 가용도 계산 결과를 제시하였고, 일본은 제 1지역 도시의 서비스 가용도를 전력속밀도 $-105 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 및 $-115 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 를 기준으로 계산한 결과를 제시하였다.

이에 따라, 08년 전차회의에서는 제 3지역의 전력속밀도 기준은 현행 기준인 $-105 \text{ dB((W/m}^2)/\text{MHz)}$ 를, 제 1지역에 대해서는 $-115 \text{ dB((W/m}^2)/\text{MHz)}$ 를 적용하는 것을 주요 내용으로 하는 동 권고의 개정 예비 초안이 작성되었다.

2. 주요 개정 제안 내용

제 1, 3 지역에서 21.4 - 22 GHz 대역의 방송위성업무에 대한 기준 전력속밀도(pfd)를 권고하고 있는 권고서 ITU-R BO.1776에 대하여 WP4A 작업반 3차 회의('09년 4월)에서, 현행 결의서 525의 내용을 적용하여 본 권고서의 고려사항을 개정하였다. 또한 기준 pfd 값을 적용하는 기준으로 현행의 강우강도 대신 우리나라가 제안한 전체 회선 감쇠량(강우 및 구름에 의한 감쇠, 수증기 및 산소에 의한 가스 감쇠 등을 포함)을 사용하기로 합의하였다. 우리나라의 제안을 바탕으로 서울에 대한 연중 서비스 가용도 계산 결과를 개정하고, 제3지역의 pfd 기준은 현행 기준인 $-105 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 를, 제1지역에 대해서는 $-115 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 를 적용하도록 본 권고서의 개정 예비초안을 위한 작업문서를 갱신하여 의장보고서에 첨부되었다.[12] 다만, 이 새로운 기준의 특정 값에 대해서는 합의가 이루어지지 않아 우리나라가 제안한 값을 기술하고, 향후 우리나라 제안문서를 바탕으로 각 주관청이 주의깊게 검토할 것을 독려하기로 하였다. 최종적으로, 본 권고서의 개정 예비초안을 위한 작업문서를 갱신하여 의장보고서에 첨부하였다.

APG-12 2차 회의('09년 6월)에서도 우리나라는 3차 ITU-R WP4A 회의에서 제안한 것과 같이 우리나라를 포함하는 제3지역의 강우감쇠와 HDTV용 방송위성업무 시스템의 서비스 가용도를 고려하여 지표면에서의 기준 전력속밀도의 유지를 제안하였으며, 이를 APG Preliminary View에 반영하였다.

또한 작업반 4차 회의('09년 9월)에서 지난 3차회의의 후속으로 ITU-R 권고 BO.1776에 대하여 우리나라는 미결정 상태인 C/N별 전체 회선 감쇠량 대신, pdf -105 및 $-115 \text{ dB(W/(m}^2\cdot\text{1MHz))}$ 에 대한 전체 회선 감쇠량의 계산 예를 표1과 같이 제시하도록 수정하고, 본 작업문서를 권고 개정을 위한 예비 초안으로 채택할 것을 제안하였다. ITU-R 권고 BO.1776에 대하여

우리나라 등 2개국(일본, 룩셈부르크)의 기고서를 바탕으로 논의되었는데, 일본은 제 1, 3지역 도시의 년 평균 서비스 가용도 99.9%에 대한 전체 회선 감쇠량을 토대로 전체 회선 감쇠량(12 dB)를 기준으로 전체 회선 감쇠량이 큰 지역과 적은 지역을 구분할 것을 제안하였다. 반면, 룩셈부르크는 요구 연중 서비스 가용도에 대한 전체 회선 감쇠량을(16 dB)를 기준으로 기준 전력속밀도값을 차등하여 적용하는 방법을 제안하였다. 룩셈부르크의 제안한 대로 전체회선 16 dB를 기준으로 이보다 크거나 같은 경우 기준 전력속밀도로 $-105 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 를, 이보다 적은 경우 기준 전력속밀도로 $-105 \text{ (dB(W/m}^2\cdot\text{MHz))}$ 보다 낮은 값을 적용하도록 수정하였으나, 이 기준값에 대한 추가 검토가 필요하다는 문구가 추가되었다. 또한, 우리나라가 제안한 대로 전체 회선 감쇠량을 계산하는 예를 제시하는 새로운 부속서가 추가되었으며, 본 작업문서를 권고서의 개정 예비초안으로 상향 채택하여 의장보고서에 첨부하였다.

제4절 17.3~42.5 GHz 대역을 이용하는 방송위성시스템의 전송제한

1. 배경

방송위성의 서비스 요구사항, 피더링크 파라미터, 변조 및 링크 전송제한 등을 기술하고 있는 ITU-R 보고서 BO. 2071[10]에는 17.3 GHz - 42.5 GHz 대역을 이용하는 방송위성시스템의 전송제한(서비스 요구사항, 피더링크 파라미터, 변조 및 링크 전송제한 등)을 상세하게 기술하고 있으나, 기술된 일부 전송제한이 다소 부적절하다고 판단되어 적절한 값으로 개정할 것을 제안하고 우리나라에서 HDTV 방송시스템 구현 시 직접 참고하고자 하였다. ITU-R 보고서 BO. 2071에서는 강우 시 요구되는 위성 송신 출력(e.i.r.p.)과 지표면에서의 전력속밀도 값을 제시하고 있다. RR의 부칙 2에서 제안하고 있는 방송위성시스템의 전송제한은 아래와 같다.

- (1) 서비스 가용도 : 99.7, 99.9 % (연간)
- (2) 강우감쇠 : 99.7, 99.9 %의 서비스 가용도에서 각각 6.1 dB, 11.1 dB
- (3) 변조방식 : QPSK1/2, QPSK3/4, TC8-PSK, 16QAM3/4

위의 제원을 바탕으로 보고서 BO.2071에서는 부칙 2 부록 3의 표 12에서 표 3.2과 같은 시스템 제원을 기술하고 있다. 표 3.2의 QPSK1/2를 기본으로 전체 C/N 링크값을 계산해보면 표 3.3과 같다.

표 3.2 21 GHz 방송위성시스템의 전송제원

Link parameters				
Uplink C/(N+I)	24 dB			
Tx antenna diameter	4 m			
No. of feed horns	188			
Receiving antenna	Dia. = 45 cm, E_{ff} = 70%, NF = 1.5 dB			
Information bit rate	About 40 Mbit/s			
Modulation	QPSK1/2	QPSK3/4	TC8-PSK	16-QAM3/4
Required C/N	4.4 dB	7.5 dB	10.7 dB	17.0 dB
Channel bandwidth (99%)	54.2 MHz	35.4 MHz	26.4 MHz	17.4 MHz
Case 1				
Service availability in a year by boosted beam	99.9% (Rain attenuation: 11.1 dB total attenuation: 13.9 dB)			
e.i.r.p. nationwide	56.4 dBW	57.7 dBW	59.8 dBW	65.0 dBW
e.i.r.p. boosted beam(-3 dB)	65.1 dBW	66.4 dBW	68.5 dBW	73.7 dBW
Case 2				
Service availability in a year by boosted beam	99.7% (Rain attenuation: 6.1 dB total attenuation: 9.0 dB)			
e.i.r.p. nationwide	55.1 dBW	56.4 dBW	58.4 dBW	63.7 dBW
e.i.r.p. boosted beam(-3 dB)	60.2 dBW	61.5 dBW	63.5 dBW	68.8 dBW

링크 설계를 통해 분석한 결과에 의하면 제시된 값을 적용할 경우 적절한 링크 품질이 유지되지 않는 것으로 판단되어 08년도 4월에 개최된 ITU-R WP4A 회의에서 우리나라는 표 3.2의 링크 마진 결과값과 같이 2 dB 정도 높은 값으로 개정할 것을 제안하였다.

ITU-R SG4 WP4A의 1차 회의에서 제출한 우리나라의 제안에 대하여 일본은 우리나라가 제안한 BSS 시스템 제원 개정을 지지하고, DVB-S2와 같은 최신 기술을 고려하여 본 보고서의 개정 관련 연구를 지속적으로 수행할 필요가 있다는 입장을 표명하였으며, 캐나다는 우리나라가 제시한 링크버짓상의 2 dB 여유량(margin)에 대한 추가적인 검토가 필요하다는 의견을 제시하였다. 우리나라의 제안 사항과 종전의 WP 6S 의장보고서에 첨부되어 있던 작업문서를 결합하여 새로운 작업문서를 개발하고, 본 보고서 개정 작업을 지속적으로 추진하기로 결정하였다.

표 3.3 QPSK1/2에서의 C/N값 및 링크마진

Classification	Under rain attenuation		No rain attenuation
Service availability (%)	99.9	99.7	-
e.i.r.p. (dBW)	65.1	60.2	55.1
Channel Bandwidth (MHz)	54.2	54.2	54.2
Path Length (km)	37,500	37,500	37,500
Free space loss (dB)	210.7	210.7	210.7
Total attenuation (dB)	13.9	9.0	2.9
Receive antenna gain (dBi)	38.6	38.6	38.6
Antenna pointing loss (dB)	0.5	0.5	0.5
Receive carrier power (dBW)	-121.3	-121.3	-120.3
Receive noise figure (dB)	1.5	1.5	1.5
Receive Noise Temperature (K)	119.6	119.6	119.6

Classification	Under rain attenuation		No rain attenuation
Service availability (%)	99.9	99.7	-
Sky-noise temperature (K)	249.4	227.3	126.5
Total noise temperature (K)	369.0	346.9	246.2
Noise Power (dBW)	-125.59	-125.86	-127.3
Downlink C/N (dB)	4.3	4.6	7.0
Uplink C/N (dB)	24.0	24.0	24.0
Total link C/N (dB)	4.24	4.50	6.96
Required C/N (dB)	4.40	4.40	4.40
Link margin (dB)	-0.16	0.10	2.56

2. 주요 개정 제안 내용

2009년 ITU-R SG4 WP4A 작업반회의에서는 동 권고에 관하여 룩셈부르크의 기고서를 바탕으로 논의 진행되었다. 룩셈부르크는 21 GHz 대역 방송위성업무 및 피더링크에 대한 연구 항목을 WRC-12 의제 1.13의 작업 일정에 따라 업데이트하였으며, 강우 감쇠가 크지 않은 지역의 방송위성업무 시스템에 대한 새로운 섹션을 룩셈부르크에서 제안한 예시를 추가하였다. 회의결과 룩셈부르크의 제안을 본 보고서의 개정을 위한 작업문서로 의장 보고서에 첨부하였다.

제5절 제1, 3 지역에서 21.4~22 GHz 대역의 방송위성시스템간 공유기준

1. 배경

2007년 4월 1일부터 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 대역에서 방송위성업무 분배가 발효됨에 따라, 동 주파수 대역에서 방송위성업무를 운용하기 위해서는 방송위성업무 시스템간의 공유 기준이 필요하게 되었다. 또한, 동 주파수 대역은 강우감쇠에 의한 영향을 많이 받기 때문에 다른 주파수 대역에 비해서 상대적으로 높은 등가등방 방사 전력(Equivalent Isotropically Radiated Power, e.i.r.p.)이 요구된다.

ITU-R 권고 BO.1785는 이러한 점들을 고려하여 제 1지역 및 제 3지역에서 21.4 - 22.0 GHz 대역의 정지궤도 방송위성업무간 공유에 적용할 수 있는 공유 기준을 전력속밀도 마스크로 표현하여 권고하고 있다. 동 권고는 맑은 기상 조건에서 방송위성업무 시스템에 적용될 기준 전력속밀도 제한값을 다음과 같이 권고한다[9].

-143.2	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 0° ≤ θ < 0.268°
-131.8 + 20 log θ	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 0.268° ≤ θ < 1.18°
-134.7 + 3.12 θ ²	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 1.18° ≤ θ < 2.59°
-124.5 + 25 log θ	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 2.59° ≤ θ < 6.03°
-105.0	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 6.03° ≤ θ

여기서 θ는, 각 위성의 동서방향 위치유지 정확도를 고려한, 희망 우주국과 간섭 우주국간의 최소 궤도 이격각(minimum geocentric orbital separation in degrees)이다. 이 전력속밀도 제한값은 WRC에서 동 주파수 대역의 방송 위성업무에 대한 계획이 수립될 때까지 방송위성업무간 조정의 트리거 레벨로 고려되어야 한다. 그림 3.2는 ITU-R 권고 BO.1785의 전력속밀도 제한값을 도시한 것이다.

이 전력속밀도 제한값은 반송파대 간섭비(C/I)를 이용하여 구하였는데, 자세한 사항은 동 권고의 부록 1에서 기술된다. 현재 동 주파수 대역에서의 수신 지구국 안테나 방사 패턴이 개발되지 않았기 때문에 수신 지구국 안테나 방사 패턴은 ITU-R 권고 BO.1213을 이용하였고, 45 - 120 cm 안테나 보호를 기본 가정으로 하였다. 6°의 궤도 이격에서 보호 요구조건은 전력속밀도 -105 dB((W/m²)/MHz)로 하였다. 이때 보호비는 단일 간섭원에 대해서 C/I = 29.7 dB이다. 허용할 수 있는 간섭 전력속밀도 제한값은 다음의 공식에 의해서 얻을 수 있다.

$$\text{Interfering pfd limit } (\Theta) = \text{pfd wanted} - 29.7 + \Delta G(\Phi)$$

여기서 ΔG (Φ)는, 고려된 안테나 크기에 대해서, 관측자 중심각(topocentric angle)에 대한 오프엑시스 이득이다(Φ = 1.1 Θ). 수신 지구국의 안테나 패턴은 ITU-R 권고 BO.1213의 동일 편파 안테나 패턴을 이용하였다. 자세한 권고내용은 08년 자체연구보고서 3장을 참고하기 바란다[13]. 08년도 4월 10월 에 개최된 ITU-R WP4A 회의에서 룩셈부르크는 권고서(BO.1659 및 BO.1776)의 기준 pfd와 관련, -105(dB(W/m²·MHz))보다 낮은 값(-115 또는 -120)에 대한 제안을 본 권고서에도 반영하도록 개정 제안하였으며 추가 연구가 필요하다는 의견을 의장보고서에 포함하였다.

2. 주요 개정 제안 내용

2009년 ITU-R SG4 WP4A 작업반회의에서는 룩셈부르크의 기고서를 바탕으로 논의 진행되었다. 룩셈부르크는 지난 회의 제안과 같이 권고서(BO.1659 및 BO.1776)의 기준 pfd와 관련, BSS 시스템 간 공유기준 제시하였으며 회의결과 룩셈부르크의 제안에 따라 요구 전력속밀도가 -105(dB(W/m²·MHz))보다 낮은 경우, 양각별 전력속밀도 계산식을 아래와 같이 추가하여 개정 반영하였다.

pdf _{wanted} - 38.2	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 0° ≤ θ < 0.268°
pdf _{wanted} -26.8 + 20 log θ	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 0.268° ≤ θ < 1.18°
pdf _{wanted} -29.7 + 3.12 θ ²	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 1.18° ≤ θ < 2.59°
pdf _{wanted} -19.5 + 25 log θ	dB(W/(m ² · 1MHz))	for 2.59° ≤ θ < 6.03°
pdf _{wanted}	dB((W/m ²)/MHz)	for 6.03° ≤ θ

제4장 Ku 대역에서 경사각이 큰 타원궤도를 이용하는 비정지 위성시스템과 정지 위성망간 간섭영향 분석

제1절 서론

최근 들어 경사각이 큰 타원궤도(이하 고정사 타원궤도)를 이용한 위성시스템의 상업적 이용에 대한 관심이 국제적으로 증가하고 있다. 고정사 타원궤도 위성시스템은 비정지궤도 위성시스템의 범주에 포함되지만 일반적인 비정지궤도 위성시스템과는 다른 운용 특성과 간섭 특성을 갖게 된다. 저궤도나 중궤도를 이용하는 비정지궤도 위성시스템이 다른 시스템에 야기하는 간섭은 시변 특성을 갖는 반면, 고정사 타원궤도 위성시스템에 의한 간섭은 정지궤도 위성망과 유사하게 시변 특성이 적어 간섭을 받는 시스템의 입장에서는 그 영향이 상당히 클 수 있다. 이러한 점을 고려하면, 현재 운용 중인 정지궤도 위성망이 고정사 타원궤도 위성시스템의 운용으로 인해 받을 수 있는 간섭에 대한 사전 분석이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 실제 계획 중에 있는 외국의 고정사 타원궤도 위성시스템의 운용 특성을 고려하여 이러한 시스템이 우리나라 정지 위성망에 야기하는 간섭 영향을 분석하였다.

제2절 타원궤도 위성시스템의 운용 특성

타원궤도 위성시스템은 양각, 서비스 영역의 크기, active arcs의 크기 및 수 등에 따라 다양한 시스템 설계와 운용이 가능하지만, 공통적인 운용 특성은 다음과 같다.

- 1) active arc : 타원궤도 위성 시스템에서 각 위성은, active arcs, operational windows, high-latitude stationary arcs 등으로 불리는, 궤도의 특정 부분에서만 운용되며, active arc의 크기는 시스템 설계에

따라 달라진다. 연속적인 서비스를 제공하기 위해서는 모든 순간에 각 active arc 내에 적어도 하나 이상의 위성이 존재하여야 한다.

- 2) repeating ground tracks : 타원궤도 시스템에서 위성은 반복되는 궤적을 갖는데, 하늘에서 active arc는 고정되어 있으므로, 지구국은 거의 동일한 가시 각도를 갖게 된다.
- 3) antennas of associated earth stations : active arc의 크기와 안테나의 지향성에 따라서, 안테나의 조향성(steerability)이 고정(non-steerable, fixed)에서 전방향(full)으로 달라진다.
- 4) high elevation angles from elliptical orbit earth stations in medium to high latitude regions and low elevation angles in tropical and sub-tropical regions : active arc 내의 타원궤도 위성과 적도 근처의 지구국은 저양각, 중·고위도의 지구국은 고양각이 형성된다.
- 5) interval between handovers : 같은 active arc 내에 있는 타원궤도 위성들은 수 시간 정도의 핸드오버 간격을 가지며 연속 서비스를 가능하게 한다.
- 6) angular discrimination from the geostationary-satellite orbit : 타원궤도 시스템은 정지궤도와 이격시켜서 설계할 수 있으므로, active arc 내의 타원궤도 위성과 정지궤도 위성간의 공유 가능성이 향상될 수 있다.
- 7) coverage area : 중·고위도 지역에서 타원궤도 위성시스템은 하나의 정지궤도 위성으로 서비스할 수 있는 지역보다 동서로 더 넓은 지역을 서비스할 수 있다.

그림 4.1과 그림 4.2는 active arc에 의한 궤도 belt와 타원궤도 위성시스템 궤적의 한 예를 도시한 것이다.

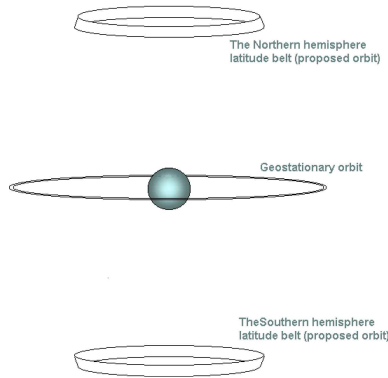
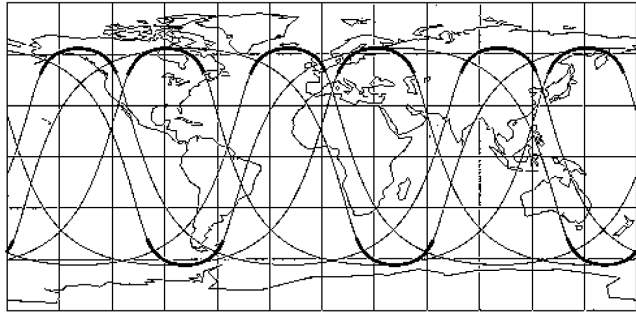


그림 4.1 정지궤도와 북반구 및 남반구의 궤도 belt

그림 4.2 타원궤도 위성시스템 궤적의 한 예
(굵은 선 부분은 active arc에서의 궤적)

주기 : 7시간 59분, active 위성 : 북반구 2, 남반구 1

제3절 시뮬레이션 방법

본 연구의 대상이 되는 고정사 타원궤도 위성시스템으로부터 우리나라에서 운용 중인 정지궤도 위성망으로의 간섭 특성을 분석하기 위하여, 표 4.1과 표 4.2의 제원을 이용해 $\Delta t=20$ 초로 30일 동안 시뮬레이션을 수행하였다. 표 4.1은 본 시뮬레이션에서 이용한 고정사 타원궤도 위성시스템의 시스템

특성을 정리한 것이고, 그림 4.3은 지구 표면에서의 그 궤적을 도시한 것이다. 표 4.2는 고정사 타원궤도 위성시스템으로부터 간섭을 받게 되는 정지 위성망을 구성하는 위성과 지구국의 시스템 특성을 정리한 것이다. 표 4.1의 고정사 타원궤도 위성시스템의 상향 및 하향 링크로부터 정지 위성과 정지 위성 지구국으로의 간섭은 등가전력속밀도(epfd)로 평가하였으며, 비정지 위성시스템의 운용 및 간섭 특성을 고려하여 간섭의 시간율도 같이 고려하였다. 우리나라 정지 위성망의 경우, 두 가지 형태의 업무(고정위성업무와 방송위성업무)와 0.3 - 10m의 다양한 크기의 안테나를 가정하였다.

표 4.1 고정사 타원궤도 위성시스템 제원

위 성	원지점고도 (km)	39,970
	근지점고도 (km)	31,600
	이심률	0.099
	궤도주기 (hr)	24
	궤도경사각 (°)	45
	총위성수/총궤도면수	3/3
	액티브 위성수	1
	출력 (e.i.r.p.) (dBW/Hz)	-8
지구국	위 치	N26.5/E127.9
	출력 (e.i.r.p.) (dBW/Hz)	31



그림 4.3 고정사 타원궤도 위성시스템의 궤적

표 4.2 정지 위성망 제원

위 성	위 치	E116
	안테나 패턴	ITU-R 권고 S.672 [14]
	빔 폭 (°)	4
지구국	위 치	N36.6/E128
	안테나	고정위성업무용 : ITU-R 권고 S.1428 [15]
	패 턴	방송위성업무용 : ITU-R 권고 BO.1443 [16]
	안테나 크기 (m)	고정위성업무용 : 0.6/1.2/3/10 방송위성업무용 : 0.3/0.45/0.6/0.9/1.2/1.8/2.4/3

제4절 시뮬레이션 결과

그림 4.1은 액티브 아크에 있는 고정사 타원궤도 위성에 대하여 고정사 타원궤도 위성의 상대 지구국과 정지위성 지구국 각각에 대해 방위각대 양각을 도시한 것이다. 일반적인 원형의 비정지궤도 위성 즉 저궤도 혹은 중궤도를 이용하는 비정지궤도 위성시스템에 대한 상대 지구국의 양각이 저양각에서 고양각으로 골고루 분포하는 것과는 달리, 타원궤도 위성시스템의 경우에는 상대 지구국의 양각이 정지궤도 위성 지구국과 유사하게 고양각으로 유지되는 것을 볼 수 있다. 즉, 저궤도나 중궤도 위성시스템의 경우 링크의 양각 분포가 광범위하여 다른 시스템에 야기하는 간섭량이 시간에 따라 변화하므로 간섭 영향 평가시 반드시 시간율도 함께 고려해야 한다. 하지만 타원궤도 위성시스템의 경우, 그림 4.4에서 보이는 것처럼 링크의 양각 분포가 광범위하지 않아 다른 시스템에 야기하는 간섭도 정지위성망의 경우처럼 시간에 따른 변화가 적으므로 간섭을 받는 입장에서는 치명적인 간섭을 반영구적으로 받을 수 있어 시스템 운용에 큰 어려움이 있을 수 있다. 하지만 간섭이 발생하는 경로가 제한되어 있으므로 간섭을 받는 시스템에서 이를 회피하여 시스템을 설계한다면 저궤도나 중궤도 위성시스템보다는 다른 시스템과의 주파수 공유가 수월할 수 있다. 저궤도나 중궤도 위성시스템의 경우 간섭이 시간율에 따라 변화하므로 치명적인 간섭이 순간적으로 발생할 수는 있지만 그 시간율이 상대적으로 적어 시스템 운용에 큰 어려움은 없지만,

이러한 간섭이 상당히 다양한 경로에서 발생할 수 있다는 점을 고려하면 시스템 운용에 어려움이 있을 수 있다. 그림 4.4에서는, 타원궤도 위성시스템으로부터 정지궤도 위성망으로 간섭이 발생하는 경우를 가정할 때, 간섭 신호가 희망신호보다 적어도 30° 이상의 off-axis로 감쇠하여 유출되고 유입됨을 알 수 있다.

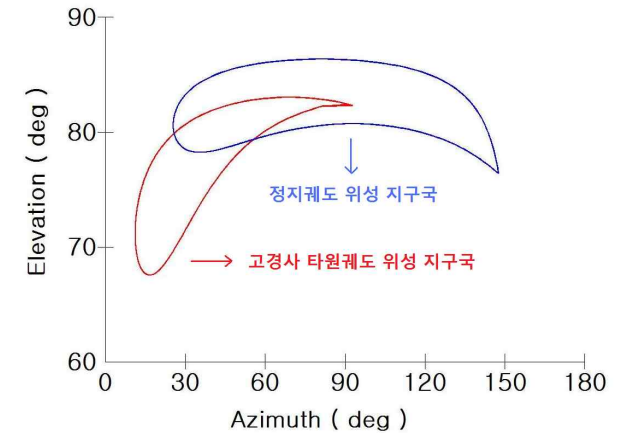


그림 4.4 지구국에서의 방위각대 양각

표 4.3 고정사 타원궤도 위성시스템의 상향링크로부터 정지 위성으로의 간섭

서비스 형태	안테나 빔 폭 (°)	보 호 기 준 [17]		계산된 시간율 (%)
		epfd 기준 값 (dB(W/m ²)/ 40kHz)	epfd 기준 값을 초과할 수 있는 시간율 (%)	
고정위성업무	0.3	-160	0	100

표 4.4 고경사 타원궤도 위성시스템의 하향링크로부터
정지 위성 지구국으로의 간섭

서비스 형태	안테나 크 기 (m)	보 호 기 준 [17]		계산된 시간율 (%)
		epfd 기준 값 (dB(W/m ²)/ 40kHz)	epfd 기준 값을 초과할 수 있는 시간율 (%)	
방송위성업무	0.3	-164.041	4	32
		-165.541	75	100
	0.45	-169.44	2.25	100
		-172.44	24	100
	0.6	-167.75	0.6	0
		-173.19	2.2	100
	0.9	-176.44	2	100
		-178.44	67	100
	1.2	-178.44	1.1	100
		-179.19	1.1	100
	1.8	-181.69	1.5	100
		-184.10	67	100
	2.4	-183.44	0.75	100
		-186.34	67	100
고정위성업무	0.6	-185.94	0.5	0
		-189.44	67	100
	1.2	-170.8	1	100
		-174	10	100
		-173.4	0.26	0
	3	-178.4	0.5	100
		-187.45	0.5	100
	10	-189.45	10	100
		-190	0.35	0
		-195.45	1	0

표 4.3과 표 4.4는 정지궤도 위성망이 고경사 타원궤도 위성시스템의 상향 및 하향 링크로부터 받는 간섭 영향을 분석한 결과로, 표 4.3은 정지 위성이 고경사 타원궤도 위성시스템의 상향링크 즉, 고경사 타원궤도 위성시스템의 상대 지구국으로부터 받는 간섭 영향을, 표 4.4는 정지 위성 지구국이인 고경사 타원궤도 위성시스템의 하향링크 즉, 고경사 타원궤도 위성(active 상태의 위성)으로부터 받는 간섭 영향을 보여준다.

국제전파규칙 22조에 의하면 비정지궤도 위성시스템은 고정위성업무용 정지궤도 위성에 -160 dB(W/m²)/40kHz를 초과하는 간섭을 줄 수 없도록 규정하고 있다. 하지만 본 연구에서 고려한 간섭 시나리오에서는, 고경사 타원궤도 위성시스템으로부터 간섭을 받게 되는 정지 위성이 고정위성업무용 위성일 경우, 시뮬레이션 시간동안 동 기준을 초과하는 간섭을 받게 됨을 표 4.3에서 볼 수 있다. 즉, 본 연구에서 고려한 간섭 시나리오의 고경사 타원궤도 위성시스템은 국제전파규칙의 규칙을 전혀 만족하지 못함을 알 수 있다.

국제전파규칙 22조는 비정지궤도 위성시스템에 대한 방송위성업무 및 고정위성업무용 정지궤도 위성망의 지구국의 보호 기준 즉, 비정지궤도 위성시스템이 방송위성업무 및 고정위성업무용 정지궤도 위성망의 지구국에 야기하는 간섭의 허용기준을 정지궤도 위성망의 업무 종류별로 또한 정지궤도 위성망 지구국의 안테나 크기별로 규정하고 있다. 하지만 본 연구에서 고려한 간섭 시나리오에 의하면, 방송위성업무용 정지궤도 위성망 지구국의 경우, 8개의 안테나 크기(0.3 m, 0.45 m, 0.6 m, 0.9 m, 1.2 m, 1.8 m, 2.4 m, 3.0 m) 모두에 대해서 국제전파규칙 22조의 보호 기준을 초과하는 간섭을 고경사 타원궤도 위성시스템의 하향 링크에 의해 받을 수 있는 것으로 나타났다. 또한, 고정위성업무용 정지궤도 위성망 지구국의 경우에도, 10 m를 제외한 3가지 안테나 크기(0.6 m, 1.2 m, 3.0 m)에 대해서 국제전파규칙 22조의 보호 기준을 초과하는 간섭을 받을 수 있다. 즉, 본 연구에서 고려한 간섭 시나리오의 고경사 타원궤도 위성시스템은 국제전파규칙의 규칙을 전혀 만족하지 못함을 표 4.3과 표 4.4로부터 알 수 있다.

제5장 위성업무용 기술기준 검토

제1절 서론

우리나라에서는 1995년에 국내 최초의 상업용 통신위성인 무궁화 1호위성에 이어 1996년에는 무궁화 2호 위성을 지구정지궤도 동경 116도 및 동경 113도에 발사하였으며, 이를 계기로 국내에서도 본격적인 위성서비스를 제공하기 시작하였다.

그러나 위성망에 비해 상대적으로 국내에서 잘 발달된 지상망과의 경쟁에서 상대적 열세와 취약한 국내 위성 사업기반 등으로 위성서비스는 활성화되지 못하고 있는 실정이다. 국내에서 위성 통신의 장점을 살려 지상망과 비교해 경쟁력을 가질 수 있는 위성서비스는 초고속통신 서비스인 초소형 지구국(Very Small Aperture Terminal, VSAT¹¹⁾)이다. 이미 전 세계적으로 초1990년대 후반부터 수요가 증가하고 있으며, 위성 통신 서비스의 대표적 서비스로 다양한 분야에서 활용되고 있다.

본 연구에서는 국내 VSAT 이용현황에 대해서 검토하고 국내외 VSAT 관련 기술기준 검토 결과를 소개하고자 한다.

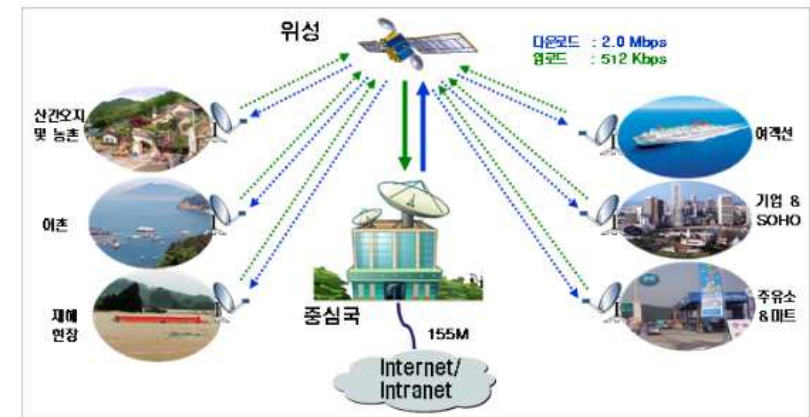
제2절 국내 VSAT 현황

1. 국내 VSAT 활용분야

VSAT 서비스는 그림 5-1에서와 같이 강우량, 수위 확인 및 경보방송, 원격 재해 관리, 주유소, 편의점 및 대형마트 제고관리 등 기업전용통신, 도서벽지 통신, 원격교육, 원격진료, 재해복구, 해상통신, 군 작전통신망 등 공공 분야는 물론 전용 통신방송망 서비스와 같이 다양한 분야에서 활용되고 있다.

11) VSAT (Very Small Aperture Terminal, 초소형 지구국)은 초소형 안테나 (직경 0.6~1.8m)와 낮은 송신출력(1~4 W 급)으로 위성을 통하여 광대역 (최대 4 Mbps급) 양방향 통신을 제공하는 시스템

그림 5.1 VSAT 시스템 구성 사례



국내에서 VSAT을 이용한 위성통신 서비스는 1990년대 말부터 디지털 조선에서 약 500여개 VSAT의 상용서비스를 시작으로, 2002년 KT가 SK주유소를 대상으로 VSAT을 본격적으로 구축하면서 2006년에는 약 3000개 국소의 VSAT을 운용한 바가 있다. 2008년말 현재, 국내에는 약 1,500여개의 VSAT이 운용 중이며 주요활용 분야는 농어촌 위성 인터넷, 긴급재해 및 재난통신, 기업통신, 전력선 감시와 댐관리 등에 활용되고 있으며 향후 통신 해양기상위성(COMS)이 발사되면 공공통신망 및 국가 행정망으로의 활용이 예상된다.

2. 국내 VSAT 개발현황

현재 국내의 VSAT 시스템 개발은 1990년대 초에 TDM/TDMA기반 VSAT과 DAMA-SCPC를 시작으로 MF-CDMA, 현재는 DVB-RCS를 기반으로 하는 VSAT에 이르기 까지 국내의 정부출연연구소 및 업체에서 개발을 수행하여 왔다.

VSAT용 안테나를 포함한 ODU(OutDoor Unit)에 대한 기술은 미국 및 일본 등과 동등한 수준이나, IDU(InDoor Unit)에 대한 기술은 성능면에서 아직 부족한 상황이다.

안테나는 하이게인 안테나에서 VSAT 및 중심국용 소형 및 대형안테나에 대한 기술을 보유하여 국내에 설치 및 운용하고 있으며, SSPA(Solid State Power Amplifier) 및 LNB(Low Noise Block)은 KoSpace, 태광 E&C 및 MMCL 등의 업체에서 Ku 및 Ka 대역의 모듈이 상용화 되어 국내 및 국외에 보급하고 있다.

IDU의 경우 Nanotronix(펜타미디어)가 DVB-RCS를 기반으로 한 VSAT 시스템을 한국전자통신연구원과 공동으로 개발하여 현재 해양경찰청에 선박 통신용으로 상용화 되었고 중동 및 유럽에 수출하였다. 그 외에 삼성탈레스, 코메스타 및 넷커스터마이즈가 VSAT 시스템을 개발중이며 완료단계에 있다.

제3절 국내외 VSAT 관련 기술기준

1. 국외 VSAT 관련 기술기준

ITU에서는 각 회원국들이 VSAT 단말에 대해 간소한 허가 절차를 적용할 때 지침으로 활용할 수 있는 VSAT 단말 및 VSAT 시스템에 대한 기술적인 요구사항을 권고하고 있다. ITU-R 권고서 S. 725는 VSAT 단말 및 VSAT 망의 주요기술 특성에 대해서 권고하고 있으며 VSAT 단말의 기술적인 전송파라미터는 ITU-R 권고서 S.726, S.727, S.728로 VSAT 망의 감시 및 제어 기능에 대해서는 ITU-R 권고서 S.729로 권고하고 있다. 권고서 S. 726은 VSAT 단말에 대해 최대 허용할 수 있는 스푸리어스 발사 레벨을 권고하며 권고서 S. 727는 직선 편파를 이용하는 VSAT 단말의 교차편파 분리도를 권고서 S. 728은 VSAT 단말의 최대 허용할 수 있는 off-axis e.i.r.p. density를 권고서 S. 729 VSAT 단말에 제공되어야 할 감시 및 제어 기능을 권고하고 있다.[18][19][20][21][22]

미국은 ITU-R 의 권고에 따라 CFR(Code of Federal Regulations) (Title 47) Part 25 (Satellite Communication) §25.115¹²⁾ 에서 VSAT 단말에 대해

12) (c) (1) 11.7 - 12.2 GHz 및 14.0 - 14.5 GHz 대역을 이용하는 미국에서 허가 받은 위성 또는 외국에서 허가 받은 위성과 통신하는 소형안테나로 구성된 대형 위성망 : 11.7 - 12.2 GHz 및 14.0 - 14.5 GHz 대역에서 운용하는 소형 안테나로 구성된 위성망에 대한 허가 신청자는 일괄 운용 허가 절차에 따라 FCC 서류 양식 312 및 Schedule B 를 이용하여 각 Hub 지구국 (5 m 또는 그 이상) 과 Schedule B 를 이용하여 각 대표적인 형태의 소형 안테나 (5 m 급 이하) 에 대한 신청서를 제출하여야 함.

일괄허가절차를 적용하고 있다. [23]

CFR (Title 47) Part 25, §25.134에서는 VSAT 단말의 이용주파수 대역을 상향회선(지구대우주) 14.0 - 14.5 GHz, 하향회선(우주대지구) 11.7 - 12.2 GHz로 명시하였으며, 디지털 및 아날로그 VSAT 망에 대한 우주국 최대 e.i.r.p. density(디지털 : 10.0 dBW/4 kHz/carrier, 아날로그 : 17.0 dBW/4 kHz/carrier) 및 VSAT 단말 안테나 최대 입력 전력(디지털 : -14.0 dBW/4 kHz 또는 -14.0 dBW/4 kHz -10log(N)¹³⁾, 아날로그 : -8.0 dBW/4 kHz)을 규정하였고 최소 1개 이상의 중심지구국을 운용하여야 하며 중심지구국 및 VSAT 단말이 임시 고정지구국 형태로 운영할 수도 있도록 하였다. 또한 은 운용 대상 위성과의 동기화가 이루어지지 않을 경우 VSAT 단말이 송신을 중단할 수 있는 기능을 포함하도록 하였다.[23]

그리고 CFR (Title 47) Part 25, §25.271 에서는 국제적인 VSAT 망의 경우, 중심국은 미국 영토 내에 또는 언제든지 연락 가능한 곳이 미국 내에 위치하여야 하여야 하며, 간섭 발생을 통지받는 즉시 해당 지구국이 송신을 중단할 수 있어야 하고 전파규칙에 따른 조정 절차를 완료한 경우에 한하여 허가 받은 VSAT 망 운용자는 사전 허가 없이 VSAT 단말을 추가할 수 있는 조건을 부과하고 있다. [23]

일본은 ITU-R 의 권고에 따라 VSAT 단말을 특정무선국으로 지정하여 포괄면허 대상으로 하고 있으며 무선설비규칙에서 다른 지구국에 의해 송신이 제어되는 Ku 대역 및 Ka대역 VSAT 단말의 요구사항을 규정하고 있다.[24]

o VSAT 단말의 기술적인 요구사항 :

- 송수신기 본체가 쉽게 개봉되지 않을 것
- 변조방식은 주파수 또는 위상 변조일 것
- 안테나 교차편파 분리도는 27 dB 이상일 것(또는 안테나 교차편파 분리도는 최대 안테나 이득으로부터 1dB 감소한 안테나 이득방향에 대해 20 dB 이상일 것¹⁴⁾)
- 송신 장치의 발전회로에 고장이 발생하는 경우 자동적으로 전파 발사를

13) 2005년 9월 1일 이전에 허가 받은 디지털 VSAT 단말 : -14.0 dBW/4 kHz
2005년 3월 10일 이후 허가 신청된 디지털 VSAT 단말 : 14.0 dBW/4 kHz -10log(N)

14) Ka 대역 VSAT 단말

정지하는 기능을 가질 것

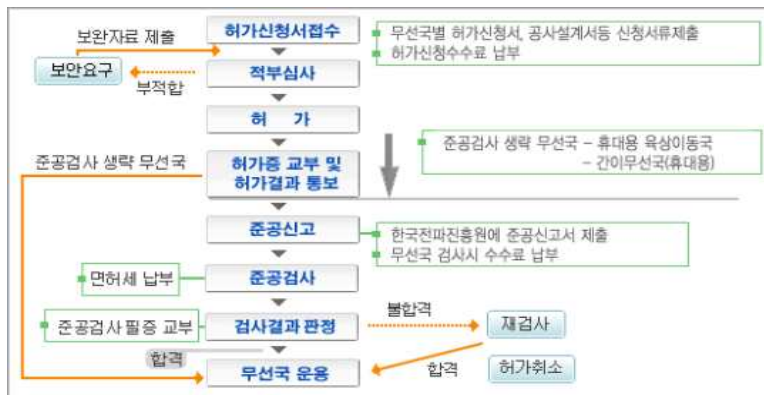
- 우주국의 중계에 의해 제어지구국이 송신하는 제어신호를 받은 경우에만 해 송신을 개시할 수 있는 기능을 가질 것
- 송신 안테나로부터 발사되는 40 kHz 대역폭당 전력은 다음 값을 만족할 것

Angle off-axis	Maximum e.i.r.p. in any 40kHzband
$2.5^{\circ} \leq f < 7^{\circ}$	$33 - 25 \log f$ dBW
$7^{\circ} \leq f < 9.2^{\circ}$	12 dBW
$9.2^{\circ} \leq f < 48^{\circ}$	$36 - 25 \log f$ dBW
$48^{\circ} \leq f \leq 180^{\circ}$	- 6 dBW

2. 국내 VSAT 관련 규정

현재 전파 법령에서는 VSAT이 별도의 무선국으로 분리되어 있지 않아, VSAT 운용을 위해서는 일반 지구국에 적용되는 무선국 운용에 대한 허가 절차를 따라야 한다. 일반 무선국허가 절차는 아래 그림 5-2 에서 보는 바와 같이 허가신청서 접수에서부터 무선국 운용에 이르기까지 8단계의 절차를 거쳐야 한다. 이러한 허가절차 중 간소화가 필요한 무선국들에 대해서는 법령에서 별도로 규정하고 있으며, 이러한 허가절차의 일부 또는 전부를 생략하고 무선국을 운용할 수 있도록 하고 있다.

그림 5.2 무선국 허가/검사 절차



국내 VSAT 관련 기술표준은 21세기의 멀티미디어 시대를 대비하여, VSAT의 비중이 점차 높아지고 있음에 따라 ITU에서 권고한 ITU-R 권고서 S. 725, S.726, S.727, S.728를 참조하여 정보통신단체표준이 1997년 12월에 제정되었다.

그러나 상기 단체표준이 참조한 ITU-R S.727 등의 국제표준이 현재 신기술을 반영하여 대부분 개정된 상태이며, 동 단체표준이 1997년 최초 제정된 이후, 현재까지 개정 작업이 전혀 없었다.

그러므로 우리나라에서도 VSAT 이용에 보다 우호적인 환경이 조성과 상대적으로 취약한 국내 위성 산업의 기반을 강화를 위하여 VSAT 허가제도 개선과 기술기준 제정이 필요 할 것으로 판단된다.

제6장 결 론

본 연구는 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무의 시행과 관련된 WRC-12의 의제 1.13에 관한 연구로서, 해당 주파수 대역에서 방송위성업무의 원활한 시행과 더불어 국내 위성 전파 자원의 확보 및 보호 방안을 검토할 목적으로 수행하였다. 이 연구에는 해당 주파수 대역에서 방송위성업무용 위성망의 국제등록 절차, 주파수 공유 기준, 전송특성 등이 연구 범위에 포함되었다.

동 주파수 대역에서 방송위성업무용 위성망의 국제등록 절차를 살펴보면, WRC-12에서 현재 관련 결의로 정하고 있는 임시 절차와 동일한 절차가 결정되더라도 현재 우리나라가 추진 중인 방송위성망의 국제등록에는 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다. 그러나 현행 임시 절차와 달리 방송위성업무용 궤도 및 주파수가 각 국에 균등하게 할당될 경우에는, 현재 국제등록을 추진 중인 방송위성망을 계획 위성망의 추가 사용 위성망으로 등록하는 방안을 대안으로 고려할 수 있을 것이다.

방송위성업무에 적용할 수 있는 공유 기준과 관련하여, 현재 ITU-R의 관련 연구반에서는 기존의 전력속밀도 기준값을 개정하는 것에 대한 연구가 진행 중이다. 이를 위하여, 강우 영향이 큰 지역에 대해서는 기존의 $-105 \text{ dB}((\text{W}/\text{m}^2)/\text{MHz})$ 를 그대로 적용하고 강우 영향이 적은 지역에 대해서는 $-115 \text{ dB}((\text{W}/\text{m}^2)/\text{MHz})$ 를 적용하는 방안이 검토되고 있다. 우리나라는 서울 지역의 강우율을 적용하여 서비스 가용도를 수정하는 내용의 기고서를 관련 연구반에 제시한 바 있다. 동일 국가 내에서도 지역에 따라 강우 영향이 다르다는 점을 감안하면 서울 이외의 지역에 대한 강우율 및 서비스 가용도 분석도 필요할 것으로 판단된다. 또한 향후 전력속밀도 제한값 이외의 공유 기준, 간섭계산 방법론 및 안테나 패턴 등에 대한 논의가 본격적으로 진행될 것임을 고려하면 이에 대한 연구도 추가로 수행할 필요가 있다.

Ku 대역에서 외국의 고정사 타원궤도 위성시스템의 실제 제원을 이용하여 우리나라 정지 위성망으로의 간섭 영향을 분석한 결과, 시뮬레이션에 이용된 대부분의 안테나 크기와 종류에 대해서 우리나라 정지 위성망은 국제 전파규칙 22조에서 규정하고 있는 보호 기준을 초과하는 간섭을 받을 수 있는 것으로 나타났다. 고정사 타원궤도 위성시스템의 운용 특성상 일반적

으로 이 시스템이 다른 시스템에 야기하는 간섭은 시변 특성이 적어 간섭을 받는 시스템의 입장에서는 그 영향이 상당히 클 수 있다는 점을 고려하면, 우리나라 정지 위성망의 원활한 운용 및 보호를 위한 적절한 대응이 요구된다.

본 연구는 이미 언급하였듯이 제 1지역 및 제 3지역의 21.4 - 22.0 GHz 주파수 대역에서 방송위성업무의 시행과 관련된 WRC-12 의제 1.13에 대응하기 위하여 수행한 연구이다. 이 업무의 적절한 시행과 우리나라 위성 전파 자원의 적절한 보호를 위해 본 연구 결과 및 추가 연구 사항을 토대로 지속적인 연구를 수행할 계획이다.

[참고문헌]

- [1] 결의 525(Rev.WRC-07)
- [2] ITU-R WP4A 및 SC-WP 회의 결과, 2008년 11월
- [3] 결의 551 (WRC-07)
- [4] 국제전파규칙, 2008년
- [5] 결의 526 (WARC-92)
- [6] 결의 507 (Rev.WRC-03)
- [7] ITU-R 권고 BO.1659
- [8] ITU-R 권고 BO.1776
- [9] ITU-R 권고 BO.1785
- [10] ITU-R 보고서 BO.2071
- [11] ITU-R 권고 P.837
- [12] ITU-R WP4A 의장보고서의 부속서 11, 2008년 9월
- [13] 위성전파의 전송특성 및 간섭허용레벨 연구, 전파연구소 연구보고서, 2008년
- [14] ITU-R 권고 S.672
- [15] ITU-R 권고 S.1428
- [16] ITU-R 권고 BO.1443
- [17] 국제전파규칙 22조
- [18] ITU-R 권고 S.725
- [19] ITU-R 권고 S.726
- [20] ITU-R 권고 S.727
- [21] ITU-R 권고 S.728
- [22] ITU-R 권고 S.729
- [23] 미연방 규정집 (CFR(Code of Federal Regulations))
- [24] 일본 무선설비규칙

[주의 문구 삽입]

21GHz 방송위성의 주파수 공유방안 연구



140-848 서울시 용산구 원효로 군자감길 46

발행일 : 2010. 2.

발행인 : 임 차 식

발행처 : 방송통신위원회 전파연구소

전화 : 02) 710-6454

인쇄 : 한국장애인위크협회

Tel. 02) 2272 02-0307, 0313

ISBN : 978-89-93720-41-992560 < 비 매 품 >

주 의

1. 이 연구보고서는 전파연구소에서 수행한 연구결과입니다.
2. 이 보고서의 내용을 인용하거나 발표할 때에는 반드시 전파연구소 연구결과임을 밝혀야 합니다.

※ 뒷표지 안쪽면 중간에 인쇄