

제 출 문

본 보고서를 「위성전파자원 공유기술 연구(2차년도)」
과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005. 12. 31.

연구책임자 : 공업연구관 성향숙(전파자원연구과)

연 구 원 : 전 송 주 사 양왕렬(전파자원연구과)

공업연구사 박주홍(전파자원연구과)

공업연구사 임상희(전파자원연구과)

공업연구사 이일용(전파자원연구과)

요 약 문

1. 과 제 명 : 위성전파자원 공유기술 연구(2차년도)

2. 연 구 기 간 : 2005. 1. 1.~ 12. 31.

3. 연구책임자 : 공업연구원 성향숙

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

세부내용	연구자	월별 추진계획												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
o ITU 전파규칙 부록30B의 고정위성 업무계획에 대한 규정 및 주파수 공유조건 연구	성향숙													
	박주홍													
o 비정지 위성시스템과 다른 시스템 간의 주파수 공유조건 연구	성향숙													
	임상희													
o 지구국 조정영역 결정방법 개선연구	성향숙													
	이일용													
o 우리나라 위성망과 지상망 보호 및 국제등록	성향숙													
	양왕렬													
분기별 수행진도(%)		20			50			80			100			

나. 세부 과제별 추진사항

1) ITU 전파규칙 부록30B의 고정위성업무계획에 대한 규정 및 주파수
공유조건 연구(ITU-R WP4A 및 WRC-07 의제1.10 관련)

- o 고정위성업무계획 위성망과 지상망간의 주파수공유 연구
- o 우리나라에 분배된 고정위성업무계획의 자원 분석 및 효율적 이용
을 위한 자원 변경에 따른 다른 나라와의 간섭영향 분석

2) 비정지 위성시스템과 다른 시스템 간의 주파수 공유조건 연구
(ITU-R WP4-9S 및 WRC -07 의제1.18을 중심으로)

- o 고경사궤도 위성시스템에 의한 간섭의 시간분포 등 간섭특성 연구
 - o Ka 대역에서 시변 특성을 갖는 간섭에 대한 지상시스템의 보호 기준 연구
 - o Ka 대역에서 고경사궤도 위성시스템의 출력제한 연구
- 3) 지구국 조정영역 결정방법 개선연구(ITU-R WP3M 및 WRC-03 결의74 관련)
- o 조정영역 계산관련 전파전달모델 분석 및 개선 연구
 - o 조정 영역 결정에 이용되는 파라미터 분석 및 개선사항 분석
- 4) 우리나라 위성망과 지상망 보호
- o 위성망간 또는 지구국과 지상망간 간섭분석 Tool 보완
 - o 다른나라 위성망과 지구국의 조정에 필요한 혼신분석

5. 연구 결과

- 1) ITU 전파규칙 부록30B의 4/6GHz 및 10-11/13GHz 대역에서 우리나라 위성망 계획제원 변경에 따른 간섭영향 분석
- o ITU-R WP4A 및 APG2007-2 회의 기고문(3건)
 - o 한국통신학회 논문발표(1건)
 - o WRC-07 의제 1.10 관련 각국 연구 동향 등 상반기 연구결과 보고서 작성
- 2) 다양한 형태의 고경사궤도 위성시스템이 지상 무선국에 주는 간섭의 시간 분포 특성 및 고경사궤도 위성시스템의 출력제한값 분석
- o ITU-R WP4-9S, JTG6-8-9 및 APG2007-2 회의 기고문 (4건)
 - o IEEE ICACT 2005 및 한국통신학회 논문 발표 (2건)
 - o WRC-07 의제 1.18 관련 각국 연구 동향 등 상반기 연구결과 보고서 작성
- 3) 지구국 조정영역 결정방법에 대한 비교 분석
- o 지구국 조정영역 결정방법 관련 ITU 전파규칙 부록 7, ITU-R 권고 SM.1448, P.620 분석 및 시뮬레이션 결과 비교
 - o 전파기술세미나 발표(2005.6)
- 4) 다른나라 위성망과 지구국의 조정 요청에 따른 혼신분석·이의제기 및

위성망·지구국 국제등록

- 전파간섭영향 분석 등을 위한 TOOL 개발 및 정비
 - 영문서한 작성, 제원추출, 이의제기 대상 추출, 사용자함수, 정지궤도 위성망의 간섭영향 분석 TOOL 정비
- ITU 회보(IFIC) 공표에 따른 이의제기
 - 일본의 N-SAT-HEO2 등 26개 주관청 303개 위성망
- 위성망과 지상망 보호
 - 사업자간 위성망 조정결과 정부간 추인
 - ADD/KT와 ISRO간 등 5개국 5개 합의록에 대한 추인
 - 위성망 조정회의 참가
 - 제8차 한-중회의, 제13차 한-일회의, 제3차 한-베트남회의, 제2차 한-러시아회의 참가(무궁화5호 등의 국제등록을 위한 조정 추진)
- ※ 중앙일보 등 16개 언론매체에 보도**
- 우리나라 위성전파자원 확보를 위한 국제등록 추진
 - 과학위성2호(STSAT-2 : 비정지궤도) 등 20개 위성
- 지구국 국제등록 통고서 제출(14국)
- 지구국 국제등록을 위한 조정 추진(26국)
- 일본 지구국 조정요청관련 기술분석(7국)

6. 기대효과

- 새로운 위성통신서비스 도입에 대비한 위성 간섭완화기술 제시를 통해 효율적인 주파수 이용 도모
- 우리나라가 계획 및 운용 중인 위성망 및 지상망의 원활한 국제등록 및 보호처리에 이용
- 위성통신서비스 관련 ITU-R 활동 활성화로 국가 경쟁력 강화
- 위성 관련 산업 활성화 도모

7. 기자재 사용 내역 : 해당사항 없음.

8. 기타사항 : 해당사항 없음.

SUMMARY

The allotment Plans for the fixed-satellite service(FSS) of Appendix 30B(AP 30B) in the ITU Radio Regulations(RR) was adopted at WARC-88. WRC-03 adopted an agenda 1.10 on the review of the regulatory procedures and associated technical criteria of the AP 30B in WRC-07. For this agenda item, ITU-R Working Party 4A(WP4A) and Special Committee(SC) are responsible groups to study technical aspects and regulatory and/or procedural aspects, respectively.

In relation to this study, we participated in WP4A and Working Party of Special Committee meetings as well as analyzed technical parameters of satellite and earth stations of Korea FSS allotment Plan, such as satellite/earth stations' power and earth stations' antenna sizes for better use of the FSS Plan resources. As results of this analysis, the following parameters were found to be improved without any coordination with other Administrations.

- o In 4/6GHz frequency bands, satellite power could be 10dBw/Hz higher than the original FSS Plan and earth station power could be 4dBw/Hz higher than the original FSS Plan and earth station antenna size could be 6m instead of 7m.
- o In 10-11/13GHz frequency bands, satellite power could be 12dBw/Hz higher than the original FSS Plan and earth station power could be 6dBw/Hz higher than the original FSS Plan.

We also analyzed satellite pfd(power flux density) for sharing terrestrial systems and found that satellite pfd values are met pfd limits of the RR Article 21.

With regard to the sharing between highly inclined orbit(HIO) FSS systems and FS systems in the band 17.7-19.7 GHz, we performed two analyses. First, we studied the time distribution of interference from

highly inclined elliptical and circular orbits of non-GSO systems into FS receivers based on the facts that non-GSO satellite systems using highly inclined elliptical orbits have the different operational features comparing with non-GSO satellite systems using highly inclined circular orbits. It was found out that HIO systems with different eccentricities would cause the different time distribution of interference into FS systems, therefore the eccentricity of orbit of a satellite system might be an important factor in time distribution of interference. Second, we analyzed the interference levels into FS receivers from HIO satellite systems with several sets of pfd values including the pfd limits in Article 21 of the RR. The study results show that the current pfd limits in Article 21 of the RR, -115/-105, are not appropriate to ensure the protection of FS systems from three uniformly separated HIO systems. Though the pfd limits applicable to HIO FSS systems depend on the maximum antenna gain as well as side lobes of antenna pattern of FS receiver, the decrement of pfd limits for HIO systems at arrival angles below 5° by at least 10 dB may be required in order to protect FS systems.

In order to improve the algorithms to determine the coordination area around an earth station in the Appendix 7 of Radio Regulations, studies were focused on the model for attenuation due to atmospheric gases and the path loss model in hydrometeor scatter that are generally applied to calculation algorithms of Appendix 7. Also, the general parameters that influence the algorithm for determination of coordination area were analysed.

The comparison between the model for gaseous absorption in the current Appendix 7 and that of ITU-R Recommendation revised recently shows almost no difference in evaluation of attenuation between two models. Therefore, the gaseous attenuation model currently applied to Appendix 7 can be used without modification.

For the path loss model due to hydrometeor scatter, the comparison is

done between the calculated result of path loss in Appendix 7 and that based on ITU-R Recommendation P.620. Though simple comparison for the results of path loss is actually difficult due to the difference in calculation algorithm between the two models, the results of the models are quite different depending on frequency bands. As the calculation algorithm of ITU-R Rec. P.620 using the elevation angle data and the radio-climatic information at the location of an earth station is more realistic, it is considered that more accurate result can be calculated from this recommendation. So, the section related to hydrometeor scatter path loss in current Appendix 7 can be improved by using the algorithm of the recommendation that uses the elevation angle and accurate radio-climatic information of an earth station.

With regard to the general parameters that influence the algorithm for determination of coordination area, such as the maximum, minimum coordination distance and so on in propagation mode (2)(for hydrometeor scatter), it is verified that each parameter has different value, respectively, in Appendix 7 and the recently revised Rec. P.620. Consequently, this fact should be also considered in modifying the algorithm for determination process of coordination area in Appendix 7.

Current status with statistical data were shown for ITU registration of satellite networks all over the world and ITU filings of satellite networks that the Republic of Korea has been promoting in 2005. Also, the tool for the protection of satellite networks and terrestrial networks was developed by Radio Research Laboratory itself. It is using currently in analyses of satellite networks for the coordination request, sending letters to concerned administrations, and so on.

목 차

표 목 차	11
그 립 목 차	13
제 1 장 머리말	15
제 2 장 고정위성업무계획의 규정 및 기술적 조건 연구	16
제 1 절 서론	16
제 2 절 고정통신위성업무 계획(AP30B) 개요	18
1. 우리나라가 분배받은 제원	19
2. 우리나라 인접 위성망 및 인접국 위성망 현황	20
제 3 절 ITU-R 관련 연구 현황	21
1. ITU-R WP4A에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과	21
2. ITU-R SC-WP에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과	24
제 4 절 4/6GHz 대역에서의 우리나라 위성망 계획제원 변경에 따른 간섭영향 분석	26
1. 위성 출력 증가에 따른 영향 검토	26
2. 지구국 출력 증가에 따른 영향 검토	27
3. 지구국 안테나 크기에 따른 영향 검토	27
4. 위성 빔 크기 변경에 따른 영향 검토	29
제 5 절 10-11/13GHz 대역에서의 우리나라 위성망 계획제원 변경에 따른 간섭영향 분석	31
1. 위성 출력 증가에 따른 영향 검토	31

2. 지구국 출력 증가에 따른 영향 검토	32
3. 지구국 안테나 크기에 따른 영향 검토	32
제 6 절 고정위성업무 계획 위성망과 지상망 공유 가능성 검토	34
제 7 절 결론	36
<부록> ITU-R WP4A에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과	37
 제 3 장 비정지 위성시스템과 다른 시스템간의 주파수 공유조건 연구(WRC-07 의제 1.18을 중심으로)	53
제 1 절 서론	53
제 2 절 고정사궤도를 이용하는 위성시스템의 운용 특성	54
제 3 절 고정사궤도 위성시스템의 간섭 특성	54
1. 시뮬레이션 방법	55
2. 시뮬레이션 결과	57
제 4 절 고정사궤도 위성시스템의 출력제한값	62
1. 시뮬레이션 방법	62
2. 시뮬레이션 결과	64
제 5 절 결론	71
 제 4 장 지구국 조정영역 결정방법 개선연구	73
제 1 절 개요	73
제 2 절 조정영역 계산 관련 주요 전파전파모델 분석	74
1. 전파모드(1)과 전파모드(2)에 적용되는 대기중 가스에 의한 감쇠모델	75
2. 전파모드(2) 유속계 산란 전파전파모델	77
제 3 절 조정영역결정 알고리즘에 영향을 미치는 주요 변수 분석	87

1. 전파모드(1) 조정영역결정에 영향을 미치는 파라미터	87
2. 전파모드(2) 조정영역결정에 영향을 미치는 파라미터	90
제 4 절 맺음말	93
제 5 장 우리나라 위성망과 지상망 보호	94
제 1 절 위성망 국제등록 추진내용 고찰	94
1. 최근 위성망 국제등록 신청현황	94
2. 국가별 위성망 국제등록 현황	95
제 2 절 우리나라 국제등록 신청내용 고찰	97
1. 우리나라 위성망 국제등록 총괄현황	97
2. 2005년 국제등록 신청	97
3. 위성망 국제등록을 위한 혼신조정	98
제 3 절 업무자동화 TOOL 개발	99
1. SRS 및 IFIC 데이터베이스 구조	100
2. 업무자동화 TOOL 개발	101
제 6 장 맺음말	111
참고문헌	113

표 목 차

<표 2.1> AP30B에 의한 고정위성업무 계획의 주요 특성	18
<표 2.2> 우리나라에 분배된 고정위성업무 제원	19
<표 2.3> 4/6 및 10/13GHz 대역에서 우리나라와 인접한 궤도위치를 가지는 위성망 현황...	20
<표 2.4> 4/6 및 10/13GHz 대역에서 우리나라와 인접한 국가의 위성 궤도 위치	20
<표 2.5> 위성 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)	26
<표 2.6> 지구국 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)	27
<표 2.7> 4/6GHz 대역에서 지구국 안테나 크기에 따른 최대 이득	28
<표 2.8> 안테나 크기에 따른 간섭영향	28
<표 2.9> 방송위성계획용 빔크기 적용에 따른 총합C/I 변화(dB)	30
<표 2.10> 위성 출력 증가에 따른 지구국별 총합 C/I(dB)	31
<표 2.11> 지구국 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)	32
<표 2.12> 10-11/13GHz 대역에서 지구국 안테나 크기에 따른 최대 이득	33
<표 2.13> 안테나 크기에 따른 간섭영향	33
<표 2.14> RR 21조의 PFD 제한값	34
<표 2.15> 4GHz 대역에서의 PFD 계산값과 전파규칙상의 PFD 제한값 비교	34
<표 2.16> 10-11GHz 대역에서의 PFD 계산값과 전파규칙상의 PFD 제한값 비교	35
<표 3.1> 위성시스템의 제원	55
<표 3.2> FS 시스템의 수신기 제원	56
<표 3.3> FS 수신기에서의 간섭 레벨	61
<표 3.4> USAVKA-H1 위성시스템의 제원	62
<표 3.5> FS 시스템의 수신기 제원	63
<표 3.6> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=32dBi) ...	65
<표 3.7> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=38dBi) ...	66
<표 3.8> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=48dBi) ...	67
<표 4.1> 주파수에 따른 되는 k & a (수직편파만 적용)	79
<표 4.2> 경기 양평지역의 주요 전파기후 정보	84
<표 4.3> 단일 전파기후지역에서 60 GHz 이하일 경우 전파모드 (1) 최대 조정거리	89

<표 4.4> 위도별 전파모드 최대조정거리(ITU-R 권고 P.620 기준)	92
<표 5.1> 최근 5년간 전 세계 위성망 국제등록 현황	94
<표 5.2> 전 세계 비정지궤도 위성망 국제등록 현황	95
<표 5.3> 전 세계 정지궤도 위성망 국제등록 현황	96
<표 5.4> 우리나라 위성망 국제등록 총괄현황	97
<표 5.5> 우리나라 위성망 사전공표 현황	97
<표 5.6> 우리나라 위성망 조정공표 현황	98
<표 5.7> 우리나라 위성망 조정공표 현황	99
<표 5.8> 2005년도 국가별 이의제기 건수	110

그 립 목 차

<그림 2.1> 계획별 서비스 영역도	29
<그림 3.1> 타원궤도와 원궤도 시스템의 간섭 특성 비교	58
<그림 3.2> FS 방위각의 변화에 따른 원궤도 시스템의 간섭 특성	59
<그림 3.3> 이심률이 다른 타원궤도 시스템의 간섭 특성 비교	60
<그림 3.4> 궤도특성이 다른 원궤도 시스템의 간섭 특성 비교	61
<그림 3.5> USAVKA-H1 시스템의 궤적	63
<그림 3.6> pfd 마스크 도출 방법	64
<그림 3.7> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)	68
<그림 3.8> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)	69
<그림 3.9> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)	69
<그림 3.10> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)	69
<그림 3.11> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)	70
<그림 3.12> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)	70
<그림 3.13> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)	70
<그림 3.14> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)	71
<그림 3.15> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)	71
<그림 4.1> 지구국 조정영역 결정을 위한 주요 알고리즘 생성	74
<그림 4.2> 부록 7 및 권고 P.676의 Dry air에 의한 비감쇠치 비교	76
<그림 4.3> 부록 7 및 권고 P.676의 수증기에 의한 비감쇠치 비교	76
<그림 4.4> 우리나라에 적용되는 강우기후지역	78
<그림 4.5> 부록 7과 권고 P.838의 k, a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=1\text{mm/h}$)	81
<그림 4.6> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로 손실비교($R_p=1\text{mm/h}$) (기존 부록 7과 권고 P.838의 $k \& a$ 적용)	81
<그림 4.7> 부록 7과 권고 P.838의 k, a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=10\text{mm/h}$)	82
<그림 4.8> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로 손실비교($R_p=10\text{mm/h}$)	

(기존 부록 7과 권고 P.838의 $k&a$ 적용)	82
<그림 4.9> 부록 7과 권고 P.838의 k,a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=50\text{mm/h}$)	83
<그림 4.10> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교($R_p=50\text{mm/h}$) (기존 부록 7과 권고 P.838의 $k&a$ 적용)	83
<그림 4.11> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교 ($R_p=1\text{mm/h}$)	85
<그림 4.12> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교 ($R_p=10\text{mm/h}$)	86
<그림 4.13> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교 ($R_p=50\text{mm/h}$)	86
<그림 4.14> 전파모드(1)에서 주파수에 따른 최소 조정거리(위도= 37.5°)	88
<그림 4.15> 우리나라에 적용하는 강우율($0.001\% < p < 0.3\%$)	90
<그림 4.16> 우리나라에 적용하는 강우율($p \geq 0.3\%$)	91
<그림 4.17> 전파모드(2)에서 강우높이(h_r)에 따른 최대 조정거리(부록 7 기준, 북반구 지역)	92
<그림 5.1> SRS 및 IFIC 데이터베이스 구조	100
<그림 5.2> 제원추출 TOOL	102
<그림 5.3> PFD 분석 TOOL 구성	102
<그림 5.4> 제원추출 결과 및 PFD 분석결과	103
<그림 5.5> 제원추출 결과 및 PFD 분석결과	103
<그림 5.6> 정지궤도위성망간 간섭영향 분석결과	104
<그림 5.7> 이의제기 대상추출 TOOL	105
<그림 5.8> 보고서작성 TOOL	106
<그림 5.9> 보고서 작성결과	107
<그림 5.10> 영문서한 작성 TOOL	108
<그림 5.11> 영문서한 작성결과	109

제 1 장 머리말

국제전기통신연합(ITU)를 통해 우리나라에 할당된 위성궤도 및 주파수 보호 방안 마련과 새로운 형태의 비정지궤도를 사용하는 위성시스템 도입에 따른 우리나라 지상망 보호, 그리고 위성망(우주국 및 지구국) 국제등록을 원활히 수행하기 위해 아래의 4가지 연구를 수행하였다.

첫째, 4/6GHz 및 10-11/13 GHz 대역에서 우리나라에 분배된 위성망 제원의 출력 및 안테나 크기에 따른 간섭영향 분석을 통하여 향후 위성망 운용에 대비하여 제원 변경 가능성을 검토하였으며, 지상망과의 공유 가능성 검토를 위해 PFD(전력속 밀도)를 분석하였다. 이러한 분석을 통하여 향후 우리나라에 실질적으로 운용 가능한 고정위성업무계획 위성망의 제원 마련에 활용하고자 하였다. 이와 함께 ITU 전파규칙의 관련 규정을 검토하여 2005년 ITU-R 연구반에 적극적으로 참여하였다.

둘째, 고정사궤도(HIO)를 이용하는 고정위성업무(FSS)의 상용화에 따른 지상고정업무간 간섭영향을 분석하였다. 해당연구는 HIO 위성시스템이 저궤도(LEO)나 중궤도(MEO)를 이용하는 비정지궤도 위성시스템과는 다른 운용 특성을 갖는다는 점을 고려하여 HIO 위성시스템이 FS 시스템에 야기하는 간섭의 특성에 대해 분석하였으며, 이와 함께 18 GHz 대역에서 HIO FSS 시스템과 FS 시스템이 동일 주파수를 사용하여 운용될 수 있는 위성시스템의 출력제한값에 대해 분석하였다.

셋째, 지구국 국제등록 과정에서 이루어지는 지구국 조정영역 결정과 관련한 연구이다. 지구국 조정영역 계산에 쓰이는 전파규칙 부록 7의 알고리즘을 파악하고 개선사항을 검토하고자 현재 부록 7의 지구국 조정영역 계산에 적용된 전파전파모델과 최근 ITU-R SG3에서 논의된 연구결과에 따라 개정된 전파간섭계산 관련 전파전파모델을 비교 분석하였고, 조정영역 계산 알고리즘 상에서 영역 결정에 영향을 미치는 주요 변수에 대해서도 간략히 분석·정리해 보았다.

우리나라 위성망의 확보 및 보호를 위해 전 세계적으로 치열하게 전개되고 있는 국제등록 현황 및 2005년도에 우리나라가 국제등록을 추진 중에 있는 위성망에 대한 내용을 고찰하고, 우리나라 위성망과 지상망 보호를 위해 전파연구소에서 자체적으로 개발하여 운용 중에 있는 TOOL의 내용을 정리하였다.

제 2 장 고정위성업무계획의 규정 및 기술적 조건 연구

제 1 절 서론

고도로 정보화가 진전될수록 전파이용 분야는 매우 다양한 반면 유용 가능한 전파자원은 한정되어 있어 이에 대한 확보는 국가적으로 매우 중요한 사항으로 부각되고 있는 실정이다. 이에 세계 각국은 자국의 전파 및 궤도자원 확보를 위해 ITU-R(International Telecommunication Union-Radiocommunication, 국제전기통신연합 전파부문)의 WRC (World Radiocommunication Conference, 세계전파통신회의)에 적극적으로 참석하여 대처하고 있다. 한편 위성 전파자원의 공평하고 동등한 사용을 위하여 ITU에서는 전파규칙(RR) 부록(AP) 30, 30A 및 30B를 통하여 각 국가별로 위성 궤도 및 주파수를 할당하고 있다. 부록 30은 방송위성 계획에 관한 것이며, 부록 30A는 방송위성의 feeder-link에 관한 계획이며, 부록 30B는 고정위성업무의 계획이다.

2003년 6월 스위스 제네바에서 개최된 WRC-03에서는 방송위성업무 계획 및 고정위성업무 계획의 일부 규정을 변경하였으며, 고정위성업무 계획의 기술적 조건 및 규정 절차의 총체적 검토를 위하여 차기 WRC-07 의제 1.10을 채택하였다. 고정위성업무 계획에 대한 검토를 위해 ITU-R의 관련 연구를 ITU-R Working Party 4A(WP4A) 및 Special Committee(SC)에서 수행하도록 하고, Working Party of Special Committee (SC-WP)에서는 규정적 문제에 대해서 검토를, WP4A에서는 기술적 조건에 관한 검토를 수행하도록 하고 있다. 이에 따라 WP4A에서는 부록 30B의 규정 및 기술적 조건의 적용상 어려움 도출과 해소 방안, 현재 사용되지 않거나 앞으로 사용이 희박한 절차규정 확인 및 삭제 검토와 아울러 PDA(Pre-Determined Arc)의 장단점을 고려한 PDA 개념의 유용성 평가를 하고 있다. 그리고 단일 인입과 총합 C/I 기준의 동시적용 장단점 평가와 아울러 추가 사용시스템에 대한 유용성 평가 및 소지역 시스템의 개선 가능성 확인하도록 하고, 위성기술개발을 반영하여, WRC-2000에서 개정된 방송위성 계획 관련 부록 30과 30A와 유사하게 보호 기준의 완화 등에 관한 논의를 수행 중에 있다.

본 연구에서는 2005년 5월과 11월에 개최된 ITU-R WP4A 및 12월에 개최된 SC-WP 회의에서 논의된 고정위성업무 계획 관련 논의 결과를 분석함으

로써 향후 우리나라 대응방안을 마련하고자 한다. 그리고 4/6GHz 및 10-11/13GHz대역에서 우리나라에 분배된 위성망 제원의 출력 및 안테나 크기에 따른 간섭영향 분석을 통하여 향후 위성망 운용에 대비하여 제원 변경 가능성을 검토하였으며, 지상망과의 공유 가능성 검토를 위해 PFD(전력속 밀도)를 분석하였다. 이러한 분석을 통하여 향후 우리나라에 실질적으로 운용 가능한 제원으로 고정위성업무계획 위성망이 운용될 수 있는 제원 마련에 활용하고자 한다.

제 2 절 고정통신위성업무 계획(AP30B) 개요

위성업무에서 ‘first come, first served’에 의한 위성 가용자원의 고갈 전에 각 국가에 공평한 이용 및 효율적인 분배의 필요성이 대두됨과 아울러 비계획된 대역과는 달리 조정절차 없이 분배된 제원을 언제라도 할당으로 전환하여 운용 가능토록 하기 위하여 고정위성업무 계획이 1988년에 개최된 WARC-88에서 결정되었다. <표 2.1>에 AP30B에 따른 고정위성업무 계획의 위성 및 지구국의 주요 제원 및 특성을 나타내었다.

<표 2.1> AP30B에 의한 고정위성업무 계획의 주요 특성

제원		주요 특성	비고
궤도위치		각 국가별로 분배	
주파수 대역		6725-7025MHz(↑), 4500-4800MHz(↓) 12.75-13.25GHz(↑), 10.70-10.95GHz/11.20-11.45GHz(↓)	대역폭 (800MHz)
서비스지역		자국의 영역에 한함	
보호 기준	단일 C/I	30dB (27dB : WRC-03이후 제출 위성망)	3dB 완화
	총합 C/I	26dB (23dB : WRC-03이후 제출 위성망)	3dB 완화
위성 제원			
수신우주국 잡음 온도		6GHz : 1000K, 13GHz : 1500K	
반전력빔폭		6/4GHz : 1.6°, 13/10-11GHz : 0.8°	
안테나효율		55%	
지구국 제원			
안테나크기		6/4GHz : 7m, 13/10-11GHz : 3m	
수신지구국 잡음 온도		4GHz : 140K, 10-11GHz : 200K	
안테나효율		70%	

한편 고정위성업무 계획에 유연성을 제공할 목적으로 PDA(pre-determined arc)개념을 두고 있으며, 이는 위성망의 설계 전단계의 시스템에 대해서는 공칭궤도 위치의 $\pm 10^\circ$ 를 적용하며, 설계 단계의 시스템에 있어서는 $\pm 5^\circ$ 를, 운

용 단계에서는 PDA를 0°로 하고 있다.

고정위성업무 계획에 따른 사용의 경우에는 분배를 할당으로 전환하고 할당 요청의 등재 및 통고를 ITU-R BR(전파통신 사무국)으로 하여야 한다. 할당으로 전환된 위성망은 List에 등재된다.

1. 우리나라가 분배받은 제원

우리나라는 C 대역 즉 6725-7025MHz(상향), 4500-4800MHz(하향)에서 빔명은 KOR00000로, 공칭궤도 위치는 동경 116.2°에서 원형빔으로, 빔 중심은 127.7E, 36.2N(충북 영동)에 있고 우주국 전력밀도는 -40.5 dBW/Hz 이다. 또한 Ku 대역 즉 12.75-13.25GHz(상향), 10.70-10.95GHz/ 11.20-11.45GHz(하향)에서 빔명은 KOR00000로, 공칭궤도 위치는 동경 116.2°에서 타원빔으로, 빔 중심은 127.7E, 36.2N(충북 영동)에 있고 우주국 전력밀도는 -26.7 dBW/Hz 이다. <표 2.2>에서는 우리나라에 분배된 고정위성업무 제원을 나타내었다.

<표 2.2> 우리나라에 분배된 고정위성업무 제원

제원	주요 특성	비고
빔명	KOR00000	
공칭궤도	동경 116.2°	무궁화위성 (동경 116°)
서비스 arc	83° ~ 169.6°	
PDA	106.2° ~ 126.2°	공칭궤도±10°
빔 중심점	동경 127.7°, 북위 36.2°	충북 영동
빔 크기	1.6° × 1.6° (6/4GHz) 1.3° × 1.0° (13/10-11GHz)	원형빔 타원빔
빔축 기울기 (장축기준)	90° (6/4GHz) 4° (13/10-11GHz)	적도면 기준 반시계방향
지구국 EIRP density	-7.5 dB(W/Hz) (6GHz) -3.4 dB(W/Hz) (13GHz)	
위성 EIRP density	-40.5 dB(W/Hz) (4GHz) -26.7 dB(W/Hz) (10-11GHz)	

2. 우리나라 인접 위성망 및 인접국 위성망 현황

우리나라와 인접한 궤도위치를 가지는 위성망 및 중국, 일본 등 인접국의 위성궤도 위치를 <표 2.3>과 <표 2.4>에 나타내었다.

<표 2.3> 4/6 및 10/13GHz 대역에서 우리나라와 인접한 궤도위치를 가지는 위성망 현황
(116.2° ±10° 위성망; 106.2°E ~ 126.2°E 사이의 위성망)

국가명	궤도위치(°)	4/6GHz 대역 위성EIRP 밀도 (dB(W/Hz))	10/13GHz 대역 위성EIRP 밀도 (dB(W/Hz))	현황
베트남	107E	-38.8	-18.5	제원변경중
예멘	108E	-41.4	-28.0	분배제원
미얀마	111.5E	-38.7	-22.5	"
아델리 (프랑스령)	113E	-41.3	-31.9	"
케르겔렌제도 (프랑스령)	113E	-38.7	-27.8	"
뉴칼레도니아 (프랑스령)	113E	-40.6	-23.9	"
레위니옹 (프랑스령)	113E	-40.6	-24.5	"
왈리스푸투나 (프랑스령)	113E	-39.8	-24.1	"
몽고	113.6E	-38.9	-27.6	"
인도네시아	115.4E	-38.6	-22.4	"
대한민국	116.2E	-40.5	-26.7	"
마카오	117E	-41.8	-27.1	"
몰디브	117.6E	-38.7	-22.4	"
태국	120.6E	-38.8	-22.6	"
스리랑카	121.5E	-41.2	-24.8	"
네팔	123.3E	-40.8	-26.6	"

<표 2.4> 4/6 및 10/13GHz 대역에서 우리나라와 인접한 국가의 위성 궤도 위치

국가명	위성빔명	궤도위치(°)	현황
중국	CHN00001	101.4E	분배제원
	CHN00002	135.5E	"
일본	J 00000	152.5E	"
북한	KRE00000	145E	"

제 3 절 ITU-R 관련 연구 현황

전파규칙 (RR) 부록(Appendix, AP) 30B의 고정위성업무 계획 규정 및 기술적 조건에 대한 검토를 위해 WRC-03에서 WRC-07 의제 1.10으로 채택하고, 관련 연구를 ITU-R WP4A 및 SC(Special Committee)에서 수행하도록 하였다. ITU-R WP4A는 기술적 조건에 관한 검토를 주로 수행토록 하고 있으며, SC에서는 규정적 문제에 관한 검토를 수행토록 하고 있다.

이에 ITU-R WP4A에서는 2005년 5월 및 11월에 두 차례 회의를 통하여 관련 연구를 수행하고 있으며, SC는 작업반 회의(Working Party of Special Committee, SC-WP)를 12월에 개최하여 WRC-07에서 논의될 CPM(Conference Preparatory Meeting) 보고서 초안을 작성 중에 있다. 우리나라도 ITU-R WP4A 및 SC-WP회의에 참석하여 고정위성업무 계획의 규정 및 기술적 조건에 관한 우리나라 입장을 제시하고, 회의 결과에 따른 적절한 대응 방안을 마련하고 있다. 이하에 ITU-R WP4A회의 및 SC-WP회의에서 논의된 규정 및 기술적 조건에 관한 결과를 정리하였다.

1. ITU-R WP4A에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과

ITU-R WP4A는 2005년 5월 및 11월 두차례 회의를 개최하여 고정위성업무 계획에 관한 논의를 수행하였다. 2005년 5월 브라질 포탈레자에서 개최된 회의에서 우리나라는 AP30B의 관련 연구항목에 관한 검토를 수행한 결과를 WP4A회의에 기고문으로 제출하였다. 그 주요 내용으로서는 AP30B에서는 서비스 영역 결정을 위하여 강우지역에 따른 최소양각이 정의되어 있으나 강우지역 Q에 대한 양각이 정의되어 있지 않음에 따라 강우지역 Q의 최소양각을 40°로 할 것을 제안하였으며, AP30B의 효력이 만료된 규정(AP 30B의 6.60조)의 삭제를 제안하였다. 이에 WP4A회의에서는 강우지역 Q의 최소 양각을 40°로 하고, 효력이 만료된 규정(6.60조)을 삭제하기로 하였으며, 이를 회의 결과 보고서에 반영하였다.

한편 안테나 크기 변화에 따른 간섭영향 검토와 관련하여 룩셈부르크와

EUTELSAT은 4/6GHz대역에서의 현행 7m 지구국 안테나 크기를 1.8m로 하고, 11/13GHz 대역에서는 3m를 0.6m로 하였을 때의 간섭영향을 분석한 결과, 안테나 크기를 소형화했을 때 전체 계획 위성망 중 약 95%정도가 간섭영향을 받는 것으로 나타남에 따라 상업용 지구국 안테나크기를 적용한 계획 위성망 기술 검토가 쉽지 않음을 보였다.

그리고 미국과 캐나다는 소지역 시스템(sub-regional system)과 추가 사용(additional use)에 관한 절차를 하나로 통합할 것을 제안하였으며, 또한 캐나다는 additional use 시스템의 운용 기간을 현행 15년에서 20년으로 할 것을 제안함에 따라 추후 논의를 계속하기로 하였다.

운용 시스템에 관한 규정의 삭제와 관련하여 프랑스는 현행 운용 시스템의 계획 관련 규정에 적용되는 시스템이 없음에 따라 관련 규정을 삭제하고, List에 등록되어 있는 위성망 관련 규정을 신규 결의로 할 것을 제안하였으나, 러시아 등의 반대로 인해 합의에 이르지 못하고 추후 논의를 계속하기로 하였다.

그리고 PDA(사전 결정된 궤도 위치) 적용에 있어 중국은 사전설계 단계의 PDA를 현행 $\pm 10^\circ$ 에서 service arc로 할 것 및 설계단계에서의 PDA는 $\pm 5^\circ$ 에서 0로 할 것을 제안하였으며, 캐나다는 설계단계의 PDA를 현행 $\pm 5^\circ$ 에서 $\pm 6^\circ$ 로 할 것을 제안하였으며, 이는 현행 RR 9조의 사전 공표시 궤도 위치의 변경에 따른 재공표 기준과 동일하게 적용하자는 의도이며, 회의 결과 추후 논의를 계속하기로 하였다.

한편 ITU-R 전파통신 사무국(BR)이 WP4A 및 SC-WP의 요청에 따라 AP30B 관련 Rule of Procedure(RoP)의 삭제, 유지, 또는 RR로 전환 등에 대한 검토 결과를 기고함에 따라 차기회의에서 본격적인 기술 검토를 할 수 있도록 각국이 기고문을 제출할 것을 독려했다. 고정위성업무 계획의 규정 및 기술적 조건에 대한 논의는 11월에 개최되는 WP4A회의에서 지속적으로 검토를 수행하기로 하였다.

2005년 11월 스위스 제네바에서 개최된 WP4A회의에서는 지난 5월 회의에서의 논의를 지속적으로 수행하였으며, 그 주요 결과를 부록에 첨부하였다.

WP4A회의의 주요 회의 내용으로써 총합 및 단일인입 C/I 완화 검토에 있어 C/I값의 완화와 관련하여 방송위성업무 계획(BSS Plan)과 유사하게

0.45dB의 감소를 허용한다면 고정위성업무 계획에 유연성을 기할 수 있을 것이라는 주장이 제기되었으나, C/I 감소에 따라 Plan에 불요 간섭이 야기될 수 있으며, 결국 계획의 수정 또는 추가 사용에 따라 위성 궤도 및 주파수의 가용량이 줄어들 수 도 있음이 제기되어 추후 논의를 계속하기로 하였다.

그리고 미국, 캐나다, 프랑스가 소지역 시스템(sub-regional system)과 추가 사용(additional use)에 관한 절차를 하나의 절차로 하는 방안을 제기함에 따라, 회의에서는 a)국가 분배제원을 변경하지 않고 적용된 등록, b)제원이 변경된 등록, c)분배 제원이 suspension 된 등록, d)이상의 3가지 범주에 들어가지 않는 등록 등 4가지 범주로 나누어 PDA 적용여부 및 운용 기간 제한 등에 대한 검토를 지속적으로 수행하기로 하였다.

한편 지난 WP4A에서는 현행 운용 시스템의 계획 관련 규정에 적용되는 시스템이 없음에 따라 관련 규정을 삭제하고, List에 등록되어 있는 위성망 관련 규정을 신규 결의로 할 것을 제안하였으나, 러시아는 현재 운용중인 위성을 규정 효력이 발생하는 날(2010.3.16)에 즉시 운용을 중지하는 것은 어려움을 제기하여 운용 위성망은 보호토록 하는 신규 결의 초안을 작성하고, 추후 논의를 계속하기로 하였다. 그리고 PDA(사전 결정된 궤도 위치) 적용과 관련하여 PDA 개념을 유지할 것인지 여부와 유지시 어떻게 적용할 것인지에 대한 논의가 있었으나, 합의에 이르지 못하고 WP-SC에서 추가적인 논의를 계속하기로 하였다.

할당에서 분배로 재전환시 적용되는 제원에 관한 검토는 AP 30B의 List에 있는 할당 제원이 운용 기한내에 운용하지 못하고 다시 Part A의 분배 제원으로 재전환될때 할당제원이 분배로 재전환하거나 이전의 분배제원으로 전환하여야 할지에 대한 장단점을 논의한 결과, 분배로 재전환시 BR은 현재 List에 있는 제원을 분배로 전환하고 있음에 따라 회의에서는 현재의 절차를 그대로 유지하기로 하는 한편 보다 명확한 규정 마련을 위해 AP30B의 6.1조를 수정하기로 하였다.

한편 우리나라는 지구국 기준 안테나 패턴 관련 기술적 조건에 오류가 있음을 지적하고 이에 대한 수정을 기고문으로 제출하였으며, 전파통신 사무국(BR)은 우리나라가 지적한 안테나 패턴 수식에 대한 오류에 대한 내용은 WRC 의제 7.1에 준용하여 BR 국장이 CPM보고서 초안에 직접 보고토록 제안하였으나, 우리나라는 BR의 제안과 아울러 WP4A 의장보고서에 제안 내

용을 명시하여 회의에 참석하지 못한 다른나라에 유용한 정보를 제공토록 할 것을 제기함에 따라, 회의 결과 우리나라의 제안을 회의 결과 보고서에 반영하기로 하였다.

WP4A에서는 지난 5월회의 및 11월회의 결과를 종합하여 WP-SC에 연락문을 송부하여 고정위성업무 계획의 규정 및 기술적 논의에 관한 논의를 지속적으로 수행하기로 하였다.

2. ITU-R SC-WP에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과

2005년 12월에 개최된 ITU-R SC-WP회의에서는 2005년 5월과 11월에 개최된 WP4A회의에서의 논의된 결과를 바탕으로 CPM 보고서 초안을 작성하기로 하였다. 이번 회의에서는 CPM보고서 초안을 작성하였으며, 보고서 작성에 있어 위성망 등록 자료의 제출시 처리 절차에 따른 방안(sequential treatment) (Approach 1)과 등록자료의 처리기간에 따르지 않는 방안(non-sequential treatment) (Approach 2)의 2가지 절차로 나누어 규정 절차를 검토하기로 하였다. Approach 1은 PDA 개념을 유지하며, Approach 2는 PDA 개념을 유지하지 않은 것이며, CPM 초안 작성시 현행 규정의 개정이 불필요한 경우는 고려 항목으로 포함하지 않기로 하였다. 이번 SC-WP회의에서는 AP30B의 규정 절차에 대해 논의하고 기술적 조건에 관해서는 WP4A회의에서 CPM보고서 초안을 작성하기로 하였다. 지난 SC-WP 및 WP4A회의에서 우리나라가 제안한 AP30B 관련 기고문의 대부분이 CPM 보고서 초안에 반영되었다. 회의에서의 주요 논의사항은 고정위성업무 계획의 규정 및 기술적 조건 검토 방안에 있어 이란은 WRC-07에서는 계획의 개정이 아닌 규정 및 기술적 조건에 대한 논의를 수행하고 WRC-07 회의결과에 따라 WRC-10 등 차기 WRC에서 필요시 작업반 구성 등을 통해 신생 국가에 대한 고려 및 전반적인 규정과 기술적 조건에 대한 논의가 수행되어야 할 것임을 제기하였다. 한편 러시아는 AP30B 지구국과 지상망간의 조정절차가 없음을 제기하고, RR 9조에 새로운 조정절차를 제안하였으나, RR 9조에 새로운 조정 절차를 제정하거나 AP30B의 절차를 보완하는 방안에 대해 추

후 논의를 계속하기로 하였다. 미국 등은 지상망과의 조정은 주관청 양자간 합의에 의하면 된다는 의견으로 추가적인 규정 제정이 불필요함을 제기하였다.

이번 WP-SC회의에서는 지난 WP4A회의 결과에 대한 CPM 보고서 초안 구성 방안 등에 대하여 주로 논의하였으며, 논의 결과를 CPM 보고서 초안으로 작성하고, 결과를 WP4A에 연락문으로 송부하기로 하였다.

제 4 절 4/6GHz 대역에서의 우리나라 위성망 계획제원 변경에 따른 간섭영향 분석

AP30B에는 고정통신위성 계획과 관련한 위성 및 지구국의 제원이 포함되어 있다. 이하에서는 4/6GHz 대역에서 우리나라 전역을 포괄하는 10개 지점에 지구국 설치시 위성 및 지구국 출력의 증가, 지구국의 안테나 크기의 조정 및 위성 빔의 크기 변화에 따른 각각의 간섭영향을 분석하였다.

1. 위성 출력 증가에 따른 영향 검토

우리나라에 분배된 위성망의 위성 출력증가에 따른 총합 C/I값을 <표 2.5>에 나타내었다.

<표 2.5> 위성 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)

지구국	위성 출력 증가량(dB)							
	변경전	2dB	4dB	6dB	8dB	10dB	12dB	14dB
1	32.58	33.85	34.90	35.72	36.34	36.77	37.07	37.27
2	32.62	33.89	34.93	35.75	36.35	36.79	37.08	37.28
3	33.58	34.68	35.55	36.21	36.69	37.01	37.23	37.38
4	33.88	34.93	35.74	36.35	36.78	37.08	37.28	37.41
5	33.83	34.88	35.71	36.33	36.77	37.07	37.27	37.40
6	33.56	34.67	35.55	36.21	36.68	37.01	37.23	37.38
7	32.49	33.78	34.84	35.68	36.30	36.75	37.06	37.26
8	33.37	34.51	35.43	36.12	36.62	36.97	37.20	37.36
9	33.48	34.60	35.50	36.17	36.66	36.99	37.22	37.37
10	33.19	34.36	35.31	36.03	36.56	36.93	37.18	37.34

위성 출력의 증가에 따라 각 지구국에서의 C/I값도 증가하고 있으나, 인접 위성망과의 간섭분석 결과 12dB 이상의 출력 증가시 러시아 위성망의 총합 C/I값이 감소(12dB 출력 증가시 총합 C/I가 0.08dB 감소)함에 따라 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 14dB의 위성 출력 증가시 몽고 위성망에 직접적인 영향을 주는 것(몽고 위성망의 단일인입 C/I값이 0.55dB 감소)으로

나타남에 따라 12dB이상의 위성 출력을 증가할 경우 해당국과 위성망 조정을 하여야 한다.

2. 지구국 출력 증가에 따른 영향 검토

우리나라 각 지구국에서의 출력 증가에 따른 총합 C/I값을 <표 2.6>에 나타내었다.

<표 2.6> 지구국 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)

지구국	지구국 출력 증가량(dB)							
	변경전	2dB	4dB	6dB	8dB	10dB	12dB	14dB
1	32.58	33.11	33.48	33.73	33.90	34.01	34.08	34.12
2	32.62	33.16	33.54	33.79	33.96	34.07	34.14	34.19
3	33.58	34.25	34.74	35.08	35.31	35.47	35.56	35.63
4	33.88	34.62	35.15	35.53	35.78	35.95	36.06	36.13
5	33.83	34.55	35.08	35.45	35.70	35.86	35.97	36.04
6	33.56	34.24	34.73	35.07	35.30	35.45	35.55	35.61
7	32.49	33.01	33.37	33.62	33.78	33.88	33.95	34.00
8	33.37	34.02	34.48	34.80	35.02	35.16	35.25	35.31
9	33.48	34.15	34.62	34.96	35.18	35.32	35.42	35.48
10	33.19	33.80	34.24	34.54	34.75	34.88	34.96	35.02

지구국 출력의 증가에 따라 각 지구국에서의 C/I값도 당연히 증가하고 있으나, 인접 위성망과의 간섭분석 결과 6dB 이상의 출력 증가시 베트남의 위성망의 총합 C/I값이 감소(6dB 출력 증가시 총합 C/I가 0.08dB 감소)함에 따라 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 14dB의 지구국 출력 증가시 몽고 위성망에 직접적인 영향을 주는 것(몽고 위성망의 단일인입 C/I값이 0.44dB 감소)으로 나타남에 따라 6dB이상의 지구국 출력 증가시 해당국과 조정이 필요하다.

3. 지구국 안테나 크기에 따른 영향 검토

4/6GHz 대역에서 우리나라에 분배된 지구국 안테나는 크기 7m, 효율 70%의 제원으로 되어있다. 지구국 안테나 크기에 따른 영향평가를 위하여 <표 2.7>에 나타낸 바와 같이 안테나 크기에 따른 최대 이득을 적용하여 간섭영향을 분석하였다.

<표 2.7> 4/6GHz 대역에서 지구국 안테나 크기에 따른 최대 이득

주파수 (GHz) \ 안테나 크기	7m (dBi)	6m (dBi)	5m (dBi)	4m (dBi)	3m (dBi)	2m (dBi)	1m (dBi)
6.845	52.5	51.1	49.5	47.6	45.1	41.6	35.6
4.62	49.1	47.7	46.1	44.2	41.7	38.2	32.2

분석 결과, 지구국 안테나 크기가 5m이하가 될 때 인도네시아(INS00000)로부터 간섭영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 안테나 크기가 작아질수록 빔 패턴이 넓게 퍼짐에 따라 다른 인접한 위성망으로부터의 간섭영향이 커지기 때문이다. 이하의 <표 2.8>에 특정 지구국에서의 간섭영향 변화량 및 간섭위성망 국가를 나타내었다.

<표 2.8> 안테나 크기에 따른 간섭영향

안테나 크기(m)	7	6	5	4	3		
지구국 단일 C/I(dB)	35.78	34.00	29.45	25.43	22.07	29.44	26.36
간섭 위성망	-	-	INS	INS	INS	MAC	VTN
안테나 크기(m)	2					1	
지구국 단일 C/I(dB)	28.64	19.53	26.89	21.11	28.40	20.26	28.12
간섭 위성망	CHN	INS	MAC	VTN	RUS	CHN	CHN
안테나 크기(m)	1						
지구국 단일 C/I(dB)	17.33	29.32	24.63	21.82	26.91	12.11	19.40
간섭 위성망	INS	J	MAC	MNG	RUS	VTN	RUS

※ INS : 인도네시아, MAC : 마카오, VTN : 베트남, CHN:중국,
RUS : 러시아, MNG : 몽고, J : 일본

4. 위성 빔 크기 변경에 따른 영향 검토

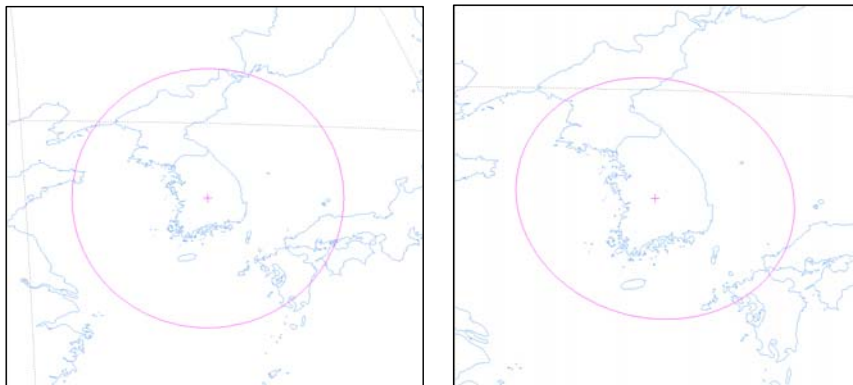
4/6GHz 대역에서 우리나라에 분배된 빔 크기(지표상에서 이득이 -3dB되는 점을 이은 곡선)는 $1.6^{\circ} \times 1.6^{\circ}$ 이며, 원형 빔을 가지고 있다. 위성 안테나 이득은 아래의 식(2.1)에 의해 구할 수 있다.

$$44.44 - 10\text{LOG}(A) - 10\text{LOG}(B) \quad (2.1)$$

여기서 위성안테나의 효율은 55%일때, A는 빔의 장축이며, B는 단축을 나타낸다.

위의 수식에서 볼 때 위성 빔의 크기는 위성 안테나의 이득과 연관되어 있음을 알 수 있다. 따라서 빔 크기가 $1.6^{\circ} \times 1.6^{\circ}$ 일때 위성 안테나 이득은 식(1)을 적용하면 40.36 dB가 됨을 알 수 있다. <그림 2.1>의 (가) 그림은 현재 4/6GHz 대역에서 우리나라에 분배된 위성 빔을 나타낸 것이며, 그림에서 보듯 우리나라를 포함한 한반도 전역을 서비스 지역으로 포함하고 있음을 알 수 있다.

<그림 2.1>의 (나) 그림은 우리나라 방송위성업무용 계획 위성망의 빔 모양을 적용한 경우를 나타내었다. 빔 크기는 $1.24^{\circ} \times 1.02^{\circ}$ 이며, 적도면을 기준으로 반시계 방향으로 168° 의 기울기를 가지고 있다. 이때의 위성 안테나 이득은 43.42dB 이다. 위성의 서비스 영역은 우리나라 영역에 좀더 국한되어 있음을 볼 수 있다.



(가) 고정위성업무 계획 (나) 방송위성업무 계획

<그림 2.1> 계획별 서비스 영역도

위성 빔의 크기에 따른 영향 검토에 있어 현재의 고정위성업무 계획용 빔 크기와 방송위성업무 계획용 빔의 모양 적용에 따른 각 지구국에서의 총합 C/I비 결과를 <표 2.9>에 나타내었다. 그리고 방송위성업무 계획용 빔의 크기를 적용하여 분석한 결과, 인접국 또는 인접 위성망에 대한 간섭영향은 없는 것으로 나타났다.

<표 2.9> 방송위성계획용 빔크기 적용에 따른 총합C/I 변화(dB)

지구국	1	2	3	4	5
변경 전(dB)	32.58	32.62	33.58	33.88	33.83
변경 후(dB)	34.11	34.46	36.07	36.58	36.55
차이(dB)	1.53	1.84	2.49	2.7	2.72
지구국	6	7	8	9	10
변경 전(dB)	33.56	32.49	33.37	33.48	33.19
변경 후(dB)	36.07	34.50	35.65	35.65	35.00
차이(dB)	2.51	2.01	2.28	2.17	1.81

결과에서 볼 때 빔의 크기는 위성 안테나의 이득과 밀접한 관계를 가지고 있으며, 빔의 크기에 따라 각 지구국에서의 총합 C/I값도 변하게 됨을 알 수 있다. 고정위성업무용 위성 빔 크기보다 방송위성업무용 빔 크기가 작음에 따라 상대적으로 안테나의 이득이 증가하였다. 그러나 서비스 영역의 축소에 따른 각 지구국에서의 이득은 감소하였으나, 안테나의 이득 증가가 더 큼에 따라 전체적으로 각 지구국에서의 이득이 증가한 것으로 나타났다. 따라서 향후 빔의 크기 및 형태의 조정을 통해 인접국 및 위성망과의 간섭영향을 최소화 할 수 있을 것이다.

제 5 절 10-11/13GHz 대역에서의 우리나라 위성망 계획제원 변경에 따른 간섭영향 분석

이하에서는 10-11/13GHz 대역에서 우리나라의 10개 지점에 지구국 설치 시 위성 및 지구국 출력의 증가, 지구국의 안테나 크기의 조정 및 위성 빔의 크기 변화에 따른 각각의 간섭영향을 분석하였다.

1. 위성 출력 증가에 따른 영향 검토

우리나라에 분배된 위성망의 위성 출력 증가에 따른 총합 C/I값을 <표 2.10>에 나타내었다.

<표 2.10> 위성 출력 증가에 따른 지구국별 총합 C/I(dB)

지구국	위성 출력 증가량(dB)										
	변경전	2dB	4dB	6dB	8dB	10dB	12dB	14dB	16dB	18dB	20dB
1	28.64	29.68	30.50	31.11	31.55	31.85	32.05	32.18	32.26	32.31	32.35
2	29.28	30.19	30.88	31.39	31.74	31.97	32.13	32.23	32.29	32.34	32.36
3	30.17	30.87	31.38	31.73	31.97	32.13	32.23	32.29	32.34	32.36	32.38
4	30.49	31.10	31.54	31.84	32.04	32.17	32.26	32.31	32.35	32.37	32.38
5	30.46	31.08	31.53	31.83	32.04	32.17	32.26	32.31	32.35	32.37	32.38
6	30.19	30.89	31.39	31.74	31.97	32.13	32.23	32.30	32.34	32.36	32.38
7	29.29	30.20	30.89	31.39	31.74	31.97	32.13	32.23	32.30	32.34	32.36
8	29.99	30.73	31.28	31.66	31.92	32.10	32.21	32.28	32.33	32.36	32.38
9	29.94	30.70	31.25	31.64	31.91	32.09	32.20	32.28	32.33	32.36	32.38
10	29.56	30.41	31.04	31.50	31.81	32.02	32.16	32.25	32.31	32.35	32.37

위성 출력의 증가에 따라 각 지구국에서의 C/I값도 증가하고 있으나, 인접 위성망과의 간섭분석 결과 14dB 이상의 출력 증가시 러시아 위성망(RUS0BF8A)의 총합 C/I값이 0.06dB 감소함에 따라 영향을 미치는 것으로 나타났다. 그리고 20dB의 위성 출력 증가시 마카오 위성망(MAC00000)에 직접적인 영향을 주는 것(마카오 위성망의 단일인입 C/I값이 1.54dB 감소)으로 나타남에 따라 14dB이상의 위성 출력을 증가할 경우 해당국과 위성망 조정을 하여야 한다.

2. 지구국 출력 증가에 따른 영향 검토

우리나라 각 지구국에서의 출력 증가에 따른 총합 C/I값을 <표 2.11>에 나타내었다.

<표 2.11> 지구국 출력 증가에 따른 지구국별 총합C/I(dB)

지구국	지구국 출력 증가량(dB)										
	변경전	2dB	4dB	6dB	8dB	10dB	12dB	14dB	16dB	18dB	20dB
1	28.64	29.37	29.90	30.28	30.53	30.70	30.81	30.88	30.92	30.95	30.97
2	29.28	30.14	30.78	31.25	31.57	31.78	31.92	32.01	32.07	32.11	32.13
3	30.17	31.25	32.11	32.75	33.21	33.52	33.74	33.88	33.97	34.03	34.06
4	30.49	31.66	32.61	33.33	33.86	34.23	34.49	34.65	34.76	34.83	34.87
5	30.46	31.63	32.57	33.29	33.81	34.18	34.42	34.59	34.69	34.76	34.81
6	30.19	31.28	32.14	32.78	33.25	33.57	33.78	33.92	34.01	34.07	34.11
7	29.29	30.15	30.79	31.26	31.58	31.79	31.93	32.03	32.09	32.12	32.15
8	29.99	31.02	31.82	32.42	32.84	33.13	33.32	33.45	33.53	33.59	33.62
9	29.94	30.96	31.75	32.33	32.75	33.03	33.22	33.35	33.43	33.48	33.51
10	29.56	30.48	31.19	31.70	32.05	32.29	32.45	32.56	32.62	32.67	32.69

지구국 출력의 증가에 따라 각 지구국에서의 C/I값도 당연히 증가하고 있으나, 인접 위성망과의 간섭분석 결과 8dB 이상의 출력 증가시 베트남 위성망(VTN00000)의 총합 C/I값이 0.05dB 감소함에 따라 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 20dB의 지구국 출력 증가시 마카오 위성망(MAC0000)에 직접적인 영향을 주는 것(마카오 위성망의 단일인입 C/I값이 0.71dB 감소)으로 나타남에 따라 8dB이상의 지구국 출력 증가시 해당국과 조정이 필요하다.

3. 지구국 안테나 크기에 따른 영향 검토

10-11/13GHz 대역에서 우리나라에 분배된 지구국 안테나는 크기 3m, 효율 70%의 제원으로 되어있다. 지구국 안테나 크기에 따른 영향평가를 위하여 <표 2.12>에 나타낸 바와 같이 안테나 크기에 따른 최대 이득을 적용하여 간섭영향을 분석하였다.

<표 2.12> 10-11/13GHz 대역에서 지구국 안테나 크기에 따른 최대 이득

주파수 (GHz) \ 안테나 크기	3m (dBi)	2m (dBi)	1m (dBi)	0.6m (dBi)
12.95	50.7	47.12	41.1	36.67
10.90	49.3	45.63	39.6	35.17

분석 결과, 지구국 안테나 크기가 2m이하가 될 때 인도네시아(INS00000)로부터 간섭영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 안테나 크기가 작아질수록 빔 패턴이 넓게 퍼짐에 따라 다른 인접한 위성망으로부터의 간섭영향이 커지기 때문이다. 이하의 <표 2.13>에 특정 지구국에서의 최대 간섭영향 변화량 및 간섭 위성망 국가를 나타내었다.

<표 2.13> 안테나 크기에 따른 간섭영향

안테나 크기(m)	3	2	1			0.6							
지구국 총합 C/I(dB)	0.0	3.41	12.33			16.69							
최대 감쇠량													
지구국 단일 C/I(dB)	0.0	6.08	13.97	10.54	4.28	18.49	16.13	9.89	5.96	5.84	3.98	1.55	1.15
최대 감쇠량													
간섭 위성망 (국가명)	-	INS	INS	VTN	CHN	VTN	INS	CHN	F	MNG	J	KRE	MAC

※ INS : 인도네시아, MAC : 마카오, VTN : 베트남, CHN : 중국,

F : 프랑스, KRE : 북한, MNG : 몽고, J : 일본

제 6 절 고정위성업무 계획 위성망과 지상망 공유 가능성 검토

전파규칙 21조에는 위성망으로부터 지상망을 보호하기 위한 PFD(Power Flux Density, 전력속 밀도) 제한값을 규정하고 있다. 위성망의 출력값이 전파규칙에 규정된 PFD 제한값을 초과하지 않으면 지상망에 유해한 간섭을 초래하지 않는 것으로 간주되며, 만약 그 제한값을 초과하게 되면 위성망의 국제 등록은 반려가 되며, 따라서 위성망의 출력 및 안테나 이득 등의 조정을 통해 제한값을 만족하여야만 한다.

<표 2.14>에 RR 21조에 따른 고정위성업무 계획 위성망의 주파수대역에서의 PFD 제한값을 나타내었다.

<표 2.14> RR 21조의 PFD 제한값

주파수 대역 (MHz)	업무	도래각(δ)에 따른 제한값(dBW/m ²)			대역폭
		0° ~ 5°	5° ~ 25°	25° ~ 90°	
4500-4800	고정위성업무	-152	-152+0.5(δ -5)	-142	4 kHz
10700-11700	고정위성업무	-150	-150+0.5(δ -5)	-140	4 kHz

우리나라에 분배된 위성망 제원이 전파규칙의 PFD 제한값을 만족시키는지의 여부를 분석하기 위하여 각 시험점에서의 지구국 양각을 조사하고 위성 출력 및 안테나 이득에 따른 PFD 값을 계산하였다. 위성 궤도 위치는 우리나라에 분배된 동경 116.2°로 하였다.

<표 2.15> 4GHz 대역에서의 PFD 계산값과 전파규칙상의 PFD 제한값 비교

시험점	양각	PFD 계산값	PFD 제한값 (RR 21조)	시험점	양각	PFD 계산값	PFD 제한값 (RR 21조)
1	49.99	-166.85	-142	6	45.07	-166.93	-142
2	49.25	-166.86	-142	7	45.11	-166.93	-142
3	46.99	-166.90	-142	8	44.45	-166.94	-142
4	45.97	-166.91	-142	9	43.62	-166.95	-142
5	46.41	-166.91	-142	10	43.78	-166.95	-142

<표 2.15>에서 나타난 결과에서 볼 때 4GHz 대역에서 우리나라에 분배된 제원으로 위성을 운용시에 우리나라의 임의의 시험점에서 RR 21조의 PFD 제한값보다 약 25dB 정도 낮은 값을 가짐에 따라 지상망과의 공유 시 문제가 없음을 알 수 있다.

<표 2.16> 10-11GHz 대역에서의 PFD 계산값과 전파규칙상의 PFD 제한값 비교

시험점	앙각	PFD 계산값	PFD 제한값 (RR 21조)	시험점	앙각	PFD계산값	PFD 제한값 (RR 21조)
1	49.99	-153.05	-140	6	45.07	-153.13	-140
2	49.25	-153.06	-140	7	45.11	-153.13	-140
3	46.99	-153.10	-140	8	44.45	-153.14	-140
4	45.97	-153.11	-140	9	43.62	-153.15	-140
5	46.41	-153.11	-140	10	43.78	-153.15	-140

<표 2.16>에서 나타난 결과에서 볼 때 10-11GHz 대역에서 우리나라에 분배된 제원으로 위성을 운용 시에 우리나라의 임의의 시험점에서 RR 21조의 PFD 제한값보다 약 13dB 정도 낮은 값을 가짐에 따라 지상망과의 공유시에 문제가 없음을 알 수 있다.

제 7 절 결론

AP30B에 따라 분배된 위성망 제원은 비교적 출력이 높지 않고 안테나 크기가 커서 현재의 제원으로는 다양한 위성서비스를 제공하는데 어려움이 예상된다.

고정위성업무 계획 중 4/6GHz 대역에서 우리나라에 분배된 위성궤도와 인접한 위성망의 현황을 조사하였고 우리나라에 분배된 위성망 제원의 출력 및 안테나 크기에 따른 간섭영향 분석을 통하여 향후 위성망 운용에 대비하여 제원변경 가능성을 검토하였다. 분석결과 4/6GHz 대역에서 위성 출력은 현행보다 10dBw/Hz를, 지구국의 출력은 4dBw/Hz 높게 하여도 인접국이나 인접위성망에 아무런 영향이 없음을 알 수 있었다. 그리고 지구국의 안테나 크기도 현행 7m에서 6m로 조정 가능함을 알 수 있었다. 위성 및 지구국의 출력의 증대 가능성에 따라 현재 운용중인 다른 위성망과 유사하게 운용될 수 있을 것이나 지구국 안테나 크기가 현재 1.2m까지 소형화 되고 있는 점을 고려할 때 상대적으로 안테나 크기가 큼을 알 수 있다. 따라서 안테나 크기를 줄이기 위해서는 빔의 크기 조절 등을 통해 가능하게 할 수 있으리라 판단한다. 한편 10-11/13GHz 대역에서 위성 출력은 현행보다 12dBw/Hz를, 지구국의 출력은 6dBw/Hz 높게 하여도 인접국이나 인접위성망에 아무런 영향이 없음을 알 수 있었다. 지구국의 안테나 크기 변경에 따른 검토 결과 현행 3m 이하로 조정시에 다른나라 위성망에 의해 간섭영향이 예상됨에 따라 다른 기술적 제원의 변경을 통하여 안테나 크기를 줄이는 방안에 대한 고려가 필요하다. 우리나라에 분배된 제원으로 위성을 운용시에 우리나라의 임의의 시험점에서 RR 21조의 PFD 제한값과의 비교 분석 결과 PFD 제한값보다 낮은 값을 가짐에 따라 지상망과의 공유 시 문제가 없음을 알 수 있었다.

향후에는 이러한 분석 결과에 따른 우리나라에 분배된 위성망 제원 변경 가능성 검토를 토대로 위성출력 증가 등 위성 제원변경을 통하여 통신위성 서비스를 구상하여 신속하게 대처한다면 충분히 상업성이 있는 위성자원이 될 수 있을 것으로 보인다.

<부록>

ITU-R WP4A에서의 고정위성업무 계획 기술적 조건 및 규정에 관한 논의 결과

1. 기술적 조건

1.1 Identification of coordination requirements

o 내용

- 방송위성계획과 유사하게 AP 30B에 조정 영역 개념 도입을 위한 논의를 수행함

o 결과

- 조정영역 개념 도입을 위한 조정영역 및 PFD제한값 등이 논의되었으며, 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.1 Introduction of the coordination arc principle

o 내용

- 조정영역 개념을 적용하는데 있어 4/6GHz 경우는 $\pm 9^\circ$ 를, 10-11/13GHz 대역의 경우는 $\pm 10^\circ$ 로 고려하되, 적용 대상에 대한 논의가 있었음
- 조정영역 적용을 위해 PFD 제한값 등에 논의도 함께 수행하기로 하고, 이를 위해 새로운 PFD 값에 대한 논의가 필요함이 제기됨
- 조정영역 밖에서 간섭이 예상되는 주관청에 대해서 확인 방법에 대한 논의와 아울러, 조정영역 밖의 위성망 간섭분석에 있어 단일인입 C/I 또는 $\Delta T/T$ (잡음온도 증가량)를 적용토록 고려하고 있으나, 일부에서는 총합 C/I도 함께 고려되어야 할 것임이 제기됨

o 결과

- 조정영역 개념에 있어 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.2 PFD masks

o 내용

- 불필요한 조정을 줄이기 위해 PFD 값 결정을 위한 계산식이 제안되었으며, PFD는 안테나 크기 등에 따라 변경 가능함에 따라 제원의 변경시 함께 고려되어야 함

o 결과

- 제원의 변경에 따라 적절히 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.3 C/I

o 내용

- WRC-03에서는 C/I값에 대해 3dB 완화하였으며, 이에 추가적으로 C/I값에 대한 완화를 고려함

o 결과

- C/I 완화 검토를 위해 C/I 결정 방법 등에 대해 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.3.1 Methodology for determining C/I values

o 내용

- AP 30B의 간섭영향은 총합 및 단일인입 C/I에 의해 간섭 여부를 결정하고 있으나, 권고 ITU-R S.1432에 의거 $\Delta T/T$ 로 간섭 여부를 검토 가능함이 제기됨

o 결과

- 권고 ITU-R S.1432에 의거 $\Delta T/T=6\%$ 간섭기준으로 할 경우 단일인입 $C/I=C/N+12.2$ dB로, 총합 $C/I=C/N+[6\sim 7]$ dB로 하는 것이 논의되었으나, 다른 기술적인 논의 결과에 따라 추후 재논의하기로 함

1.1.3.2 Degradation of C/I

o 내용

- C/I값의 완화와 관련하여 방송위성업무 계획(BSS Plan)과 유사하게 0.45dB의 감소를 허용한다면 고정위성업무 계획에 유연성을 기할 수 있을 것이라는 주장이 제기됨

o 결과

- C/I값의 감소가 고정위성업무 계획에 유연성을 줄 것이라는 주장과 달리 C/I 감소에 따라 Plan에 불요 간섭이 야기될 수 있으며, 결국 계획의 수정 또는 추가 사용에 따라 위성 궤도 및 주파수의 가용량이 줄어들수도 있음이 제기되어 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.3.3 Elimination of the single-entry C/I criterion

o 내용

- AP 30B의 간섭분석을 위해 적용되는 단일인입 C/I는 삭제하고 총합 C/I로만 간섭영향을 검토하자는 제안이 있었음

o 결과

- 합의에 이르지 못하고 추후 논의를 계속하기로 함

1.1.4 Revision of Annex 4

o 내용

- AP 30B의 Annex 4에는 분배 및 할당 제원의 보호 기준 등이 포함되어 있으며, 회의에서는 적절한 보호 기준 및 조정 기준 등에 대한 논의가 있었음

o 결과

- Annex 4에 포함된 macrosegmentation 개념과 일반적인 A,B,C,D 파라메타는 삭제되는 것이 바람직할 것이라는 의견이 있었으며, 또한 단일인입 및 총합 C/I 계산 방법은 이미 MSpace S/W에서 관련 계산을 수행하고 있음에 따라 Annex 4에서 삭제하자는 의견도 있었음

1.2 Uplink and downlink C/I

o 내용

- C/I 분석시 상하향 링크를 분리하는 방안에 대한 논의가 있었음

o 결과

- 현 단계에서 상하향을 분리하여 C/I를 분석하는 것은 적절하지 못하다는 의견이 있으나, 추후 논의를 계속하기로 함

1.3 Macro-segmentation concept

o 내용

- macro-segmentation 개념은 WARC-88 당시 아날로그 신호를 기준으로 작성되었으며, 따라서 현재의 위성 기술 발전에 따라 디지털을 이용하고 있어 macro-segmentation 개념의 삭제 가능성을 논의함

o 결과

- macrosegmentation 개념의 삭제를 원칙적으로는 동의하나 현재 운용중인 위성망을 고려하여 적절한 절차가 아울러 고려되어야 할 것임

1.4 Generalized A, B, C and D parameters

o 내용

- A, B, C 및 D 파라메타는 도입될 위성망이 계획에 일치하는지의 여부를 판단하는데 이용되고 있으나, 현재는 Mspaceg S/W를 이용하여 분석을 하고 있음에 따라 그 파라메타의 삭제 가능성에 대하여 논의함
- 일부에서는 A, B, C, D 파라메타는 신규 위성망의 도입시 계획의 안정성을 기하는데 도움이 된다는 의견도 있음

o 결과

- AP 30B 규정에서 A, B, C, D 파라메타를 삭제하고, 관련 파라메타를 권고에 포함하는 방안이 동의됨

1.5 Range of technical parameter values

o 내용

- AP 30B 계획이 1988년에 작성된 이래 현재에는 기술 발전과 공유 기준 등이 변하고 있는 점이 고려되어야 할 것임
- AP 30B의 List에 들어가고자 하는 위성망은 출력 및 안테나 크기 등 다양한 파라메타를 적용하고 있음에 따라 향후 이러한 양상이 위성 제원의 독점으로 이어질 수 있음을 우려함
- 따라서 방송위성업무 계획과 유사하게 적용되는 기술 파라메타의 범위를 제한하는 방안이 고려됨

o 결과

- 적절한 기준 마련을 위해 강우감쇠 모델, 안테나 패턴, 지구국 안테나 크기 등이 논의되었음

1.5.1 Rain attenuation model

o 내용

- AP 30B의 Annex 1에서는 강우감쇠 모델로 Report ITU-R 564-3(1986)

을 적용하고 있으며, 또한 새로운 분배 제원의 도입시 권고 ITU-R P. 618-7이 적용되고 있음

- 그러나 Report ITU-R 564-3은 더 이상 효력이 없으며, 권고 ITU-R P. 618-7는 618-8로 현행화되어 두 권고에 차이가 있음

o 결과

- 강우감쇠 모델로 권고 ITU-R P. 618-8이 적용되어야 함이 제기되었으나, 강우감쇠 모델은 서비스 아크와 PDA와 연계되어 있음에 따라 추후 논의를 계속하기로 함
- 이러한 논의는 서비스 아크가 강우 조건과 연계되지 않는 것으로 고려되어야 할 것임이 제기됨

1.5.2 Minimum elevation angle for rain climatic zone Q

o 내용

- AP 30B의 현 규정에는 강우지역 Q에 대한 최소 양각이 정의되지 않음에 따라 이에 대한 정의가 요구됨

o 결과

- 강우지역 Q의 최소 양각을 40°로 하기로 함

1.5.3 Other propagation losses

o 내용

- 대기 손실, 구름 손실 등 기타 손실에 관한 고려가 미흡함에 따라 이에 대한 검토를 수행함

o 결과

- 권고 ITU-R P 618-8에 따라 기타 손실을 분석한 결과 4/6GHz 대역에서는 0.4dB, 10-11GHz 대역에서는 0.95dB, 13GHz 대역에서는 0.97dB가 AP30B에서는 고려 되어있지 않음에 따라 이에 대한 고려가 필요함

1.5.4 Receiver noise temperature

o 내용

- AP 30B에서의 잡음온도는 현행과 비교할 때 차이가 있음에 따라 이에 대한 현행화 필요

o 결과

- 지구국 잡음온도를 4GHz 대역 : 140K→96K, 10-11GHz 대역 : 200K→126K, 그리고 위성 잡음온도는 6GHz 대역 : 1000K→500K, 13GHz 대역 : 1500K→550K로 현행화 할 것이 제안됨

1.5.5 Antenna patterns

o 내용

- 지구국 및 위성의 안테나 기술 발전을 고려하여 side-lobe pattern이 향상된 안테나 패턴을 이용하여야 할 것임

o 결과

- 안테나 기술 발전을 고려한 향상된 지구국 및 위성안테나 패턴을 이용할 것이 제안되었으며, 특히 할당에서 분배로 재전환된 것은 제외한 분배에 적용하는 것을 고려하기로 함

1.5.6 Earth station antenna diameter

o 내용

- 지구국 안테나 크기 변화에 따른 간섭영향을 검토함

o 결과

- 4/6GHz대역에서의 현행 7m 지구국 안테나 크기를 1.8m로 하고, 11/13GHz 대역에서는 3m를 0.6m로 하였을 때 약 23dB의 감소가 생김에 따라 상업용 지구국 안테나크기를 적용한 계획 위성망 기술검토가 쉽지 않음을 보임

1.5.7 Methodology for review of technical parameters

o 내용

- 다양한 기술 parameter 변경 가능성에 대해 검토함

o 결과

- 궤도 위치와 위성의 coverage를 변경하지 않고 다른 기술 parameter 변경 가능성을 검토하고 추후 논의를 계속하기로 함
- 또한 Mspaceg S/W의 입력 파일 변경에 대한 논의로 수행하기로 함

1.6 Submitted space station shaped beam antenna diagram

1.6.1 shaped antenna diagrams

o 내용

- test point중 가장 worst 한 곳의 단일 인입 C/I를 현재의 기준과 다른 기준으로 적용하는 방안을 고려함

o 결과

- AP 30B 계획에 영향을 줄 수 있음이 제기됨에 따라 추후 논의하기로 함

1.6.2 Number of test points to protect complex or large service areas

o 내용

- 복잡한 성형빔 제출의 경우 10개의 test point보다 많은 수의 test point (20개 또는 30개)가 고려되어야 할 것임이 제기됨

o 결과

- 합의에 이르지 못하고 추후 논의를 계속하기로 함

2. 규정적 절차

2.1 National allotment

o 내용

- 각 국에 분배된 제원의 변경없이 할당으로 전환하는 경우 AP 30B의 6조 (분배에서 할당으로의 전환) 절차를 거치지 않고 할당으로 직접 전환할 수 있는 절차 마련 가능성 검토

o 결과

- 분배된 제원의 변경없이 할당으로 전환하는 경우는 거의 없으며, 추가적인 규정 절차의 마련은 불필요함

2.2 Suppression of Networks

o 내용

- List에 있는 위성이 8년 이내에 운용을 하지 못할 경우 할당에서 분배로

재전환될때의 reference situation 및 PDA 적용에 관한 장단점 검토

o 결과

- 8년 이내에 운용을 하지 못하여 할당에서 분배로 재전환되는 제원은 위성 궤도 및 주파수 제원의 변경없이 분배로 전환됨 (이하의 2.13절 참조)

2.3 Independence of the 6/4GHz and 10-11/13GHz parts of the Plan

o 내용

- C 및 Ku대역 중 일부를 이용하고자 할 경우 현행 전파규칙에는 부분적 이용의 경우 PDA를 어떻게 적용할지가 모호하나, RoP에서는 C/Ku 일부분을 이용하더라도 전체 800MHz 대역에서 동일한 PDA를 적용토록 하고 있음

o 주요 논의 내용

- C/Ku 중 하나의 대역만 이용하고자 하는 경우 Plan 위성망의 경우 전체 대역에 동일한 PDA를 적용하나 소지역 및 추가 사용 위성망에 대해서는 유연성을 가지도록 하여야 할 것임이 제기됨
- C/Ku 중 하나만을 이용하고자 하는 경우 외에 예를 들어 C 대역을 상향으로 Ku대역을 하향으로 이용하고자 하는 경우에 대해 BR은 현 규정 상 적용이 어려우며, 다만 상향 또는 하향 링크 하나만 이용하고자 등록서를 제출한 경우가 과거에 1건 있었음을 밝힘

o 결과

- C/Ku 중 하나의 대역만 이용하고자 하는 경우에도 전체 대역에 동일한 PDA를 적용하고 추가적인 논의를 차기 회의에서 계속하기로 함
- 상기 내용을 명확하게 하기 위해, 전파규칙 AP30B 6조의 각주 2 및 5.4bis조의 신규 제정 가능성을 추후 검토하기로 함

2.3bis Independence of two allotments of an administration in a given orbital location

o 내용

- 동일 궤도에서 두개이상의 분배 제원을 가지고자 하는 주관청의 경우에 대한 문제점 해결 방안

o 결과

- 동일 궤도에서 두개이상의 분배 제원을 가지고자 하는 주관청은 PDA내에 있는 다른 주관청의 완전한 동의를 얻은 경우 가능할 것임

2.4 New ITU Member States

o 내용

- AP30B의 7조는 신규 ITU 회원국이 자국의 위성제원을 Plan에 포함시키고자 할 경우 원하는 궤도 위치에 선정 절차 및 간섭이 예상되는 다른 나라와의 동의를 구하게 하는 것에 대한 규정이 모호하게 되어 있음

o 결과

- BR은 관련 규정이 충분하지 못함을 보고하고 추후 논의를 통하여 적절한 규정 절차를 개발하기로 함

2.5 Assistance by the Bureau

o 내용

- 신규 분배 또는 할당을 위한 적절한 궤도 위치를 찾기 위해 BR에 지원을 요청할 수 있으나, 신규 분배 및 할당 경우 실질적으로 조정대상 양자간의 합의에 의해 궤도 위치가 선정되고 있음에 따라 BR은 관련 tool을 가지고 있지 않음이 지적됨

o 결과

- 이러한 내용은 RoP에 반영되어 있음

2.6 Single coordination procedure

o 내용

- AP 30B의 제 6조에는 다양한 조정 절차가 있으나, 이러한 절차를 하나의 절차로 간소화 하는 방안이 제기됨

o 결과

- 기본적으로 다양한 조정절차를 하나로 간소화하는 방안의 아이디어에는 동의하나, 다양한 filing 및 범주를 하나의 절차로 간소화하는 방안의 실행 가능성 여부에 추후 논의를 계속하기로 함

2.7 Test points for the allotment Plan in Appendix 30B

o 내용

- 고정위성업무 계획 분배 제원은 각 주관청에 10개까지의 test point(시험점)을 가지도록 하고 있으나, 일부 국가의 경우 10개 보다 작은 수의 test point를 가짐에 따라 이러한 국가를 위해 test point를 추가할 수 있는 규정이 마련되어야 할 것임이 제기

o 결과

- test point를 추가하기 위해 Additional Use 절차를 이용할 것이 제기되었으나, 분배 제원 자체를 보호하는 것이 중요함에 따라 추후 논의를 계속하기로 함

2.8 Existing systems

o 내용

- AP 30B의 Part B는 1988년 WARC 당시 조정 또는 운용 위성망에 대해 규정하고 있으며, 현재 Part B 관련 위성 시스템은 AP 30B의 List에 속하거나 삭제됨에 따라 Part B 규정에 속하는 운용 위성망은 없는 상황임
- 따라서 Part B 관련 규정을 삭제하고자 하는 의견이 제시되었으며, 현재 운용중인 시스템의 운용은 AP 30B 계획 수립 후 20년임을 고려할 때 2010년 3월 16일이 운용 기한이 됨에 따라 이러한 위성망을 위해 신규 결의를 통해 운용 위성망에 대해 규정하는 논의가 있음

o 결과

- 운용 위성망에 대한 신규 결의 작성과 아울러 현재 운용중인 위성망을 2010년에 운용을 중지토록 하는 것은 위성망 운용에 있어 어려움이 있음이 제기되어 사용 예정일까지 운용토록 하는 또다른 신규 결의 작성에 대해 추후 논의를 계속하기로 함

2.9 Subregional systems

o 내용

- 소지역 시스템은 서비스 영역을 자국에 한정하지 않고 인접국의 동의를

받아 넓은 지역에서 운용 가능한 시스템임

- 그러나 인접국이라는 개념이 모호하며, 한개 이상의 범을 가질 수 있는지 여부, 소지역 시스템을 이용하고자 할 경우 자국의 분배 제원은 휴지 하여야 하는지 여부가 전과규칙상에 명확하게 나타나 있지 않음

o 결과

- 추후 논의를 계속하기로 함 (이하의 2.10절 참조)

2.10 Additional use

o 내용

- 소지역 시스템에 PDA를 적용 가능성, 다른 나라의 동의없이 자국 외의 서비스 범위를 가질 수 있는지, 현재 규정된 15년 동안의 운용 기한을 연장하는 방안 및 한개 이상의 범을 가질 수 있는지 여부에 대한 논의가 진행 중임

o 결과

- 소지역 시스템과 추가 사용 시스템에 관한 규정을 하나로 통합하기 위한 논의가 있었으며,
- 특히 이번 회의에서는 a)국가 분배제원을 변경하지 않고 적용된 등록 b) 제원이 변경된 등록 c) 분배 제원이 suspension 된 등록 d) 이상의 3가지 범주에 들어가지 않는 등록 등 4가지 범주로 나누어 PDA 적용여부 및 운용 기간 제한 등에 대한 검토를 지속적으로 수행하기로 함

2.11 Identification of difficulties in application of section IA of Article 6

o 내용

- 분배로부터 할당으로 전환하는 절차(6조의 IA절)에 있어 일부 규정의 명확화가 필요함
- 분배에서 할당으로 전환시 다른 분배 및 할당에 영향을 주지 않을 경우 다음 단계의 절차가 모호함 등에 대해 지적됨

o 결과

- 현재까지 구체적인 절차가 제시되고 있지 않음에 따라 추후 논의를 계속하기로 함

2.12 Review of existing Rules of Procedure

o 내용

- 현행 Rules of Procedure(RoP)의 폐지 또는 RR로의 전환 등에 대한 논의가 있었음

o 결과

- RoP의 존속, 폐지 및 RR로의 전환 등에 대한 BR의 제안이 있었으며, 추후 논의를 계속하기로 함

2.13 Conditions under which the assignments in the List are to be transferred to Part A of the Plan

o 내용

- List에 있는 할당 제원이 운용 기한내에 운용하지 못하고 다시 Part A의 분배 제원으로 재전환될때 할당제원이 분배로 재전환하거나 이전의 분배제원으로 전환하여야 할지에 대한 장단점 비교가 요구됨

o 결과

- 분배로 재전환시 BR은 현재 List에 있는 제원을 분배로 전환하고 있음에 따라 회의에서는 현재의 절차를 그대로 유지하기로 하는 한편 보다 명확한 규정 마련을 위해 6.1조를 수정함
- 분배로 재전환될시 List에 있는 제원은 삭제하되, 그 제원은 위성망 궤도를 포함하여 분배 제원으로 그대로 유지하여 전환하도록 6.1조를 수정함

2.14 Band segmentation concept

o 내용

- Plan은 4/6GHz (300MHz 대역), 10-11/13GHz(500MHz) 대역으로 되어 있음에 따라 주파수 사용의 효율성을 위해 C/Ku 대역으로 분리 가능케 하는 방안을 검토함

o 결과

- BR은 현재 C 또는 Ku 대역 중 하나를 등록하더라도 전체 대역에서 동일한 궤도위치에서 PDA가 적용되고 있음을 밝힘
- 그리고 상향은 C 대역을 하향은 Ku 대역을 이용하도록 등록하는 것은 현 규정상 적용이 어려우며, 한 회선만을 등록한 예가 하나 있음을 밝힘

2.15 Modification to assignments in the List

o 내용

- List에 포함된 할당 제원의 수정에 관한 규정이 명확하지 않음에 따라 이에 대한 BR의 적절한 절차에 대한 제안을 구함

o 결과

- List에 포함된 할당 제원을 수정하도록 하는 절차는 불필요하며, 필요시 Additional use를 이용하면 된다는 의견도 있었으나, 분배에서 할당으로 전환된 위성망의 경우 수정이 가능하도록 하는 절차가 BR에서 제안되어 추후 논의를 계속하기로 함

2.16 PFD examination at the stage of application of Article 6

o 내용

- AP 30B에서는 다른 절차와의 일치 여부 특히 PFD 등에 대한 검토가 제8조 등 통고 단계에서만 이루어지고 있는 점을 들어 제 6조에서의 할당으로 전환하고자 할 시에도 이러한 검토가 이루어지도록 적절한 규정 마련이 필요로 됨

o 결과

- BR에서는 제6조에서도 등록서의 적절한 검토 수행을 위해 새로운 절차를 제안하였으며, 추후 논의를 계속하기로 함

2.17 Notification with characteristics different from the List

o 내용

- List와 다른 특성을 가지는 통고서를 제출할 시 이를 확인할 수 있는 규정이 명확하지 않음

o 결과

- 이를 위해 8.9조의 각주를 새로 만들어서 확인하도록 하였으나, List와

다른 특성을 가진 통고서와 관련하여 List의 기준 특성 등을 새로 현행화해야 할지 하지 않아야 할지에 대해서는 추후 논의를 계속하기로 함

2.18 Submitted space station shaped beam antenna diagrams

o 내용

- 위성의 성형빔 안테나 diagram과 관련하여 기술적 조건에 포함하여 논의를 수행함

o 결과

- 기술적인 문제를 다루는 항목 1.6에서 다루기로 함

2.19 Sequential treatment

o 내용

- AP30B에 따른 등록 절차를 AP30/30A와 유사하게 하는 방안의 고려와 아울러 PDA 개념의 대체 및 공칭궤도 위치의 변경 등이 함께 고려되어야 함
- 총합 C/I를 조정에 따른 값으로 할 경우, AP30/30A와 유사한 방법으로 reference situation이 설정되어야 할 것임

o 결과

- 만약 상기의 방법이 동의된다면 다양한 기술적 특성 등이 함께 고려되어야 할 것임

2.20 Using the procedures of Article 9 of the Radio Regulations for coordination

o 내용

- Plan의 제원을 그대로 이용하는 경우는 조정을 하지 않고, Plan 제원과 다른 기술 파라메타를 적용하고자 할 경우는 조정에 따르도록 하는 방안이 제기됨

o 결과

- PDA 개념이 삭제된다면 현재의 규정으로도 가능할 것이나, 합의에 이르지 못함

2.21 PDA concept

2.21.1 Initial remarks

- o 내용
 - PDA 개념의 적용에 따른 현행 절차의 검토
- o 결과
 - PDA 개념 적용 절차의 장단점을 검토하기로 함

2.21.2 PDA in the pre-design stage

- o 내용
 - 현행 사전설계단계에서의 PDA는 공칭궤도 위치에서 $\pm 10^\circ$ 로 되어있으나, 이를 service arc로 확장할 것이 제안되었으나, PDA가 확장될 경우 낮은 양각으로 인해 서비스에 어려움이 발생 될 수도 있음이 제기됨
- o 결과
 - 추후 논의를 계속하기로 함

2.21.3 PDA in the design stage

- o 내용
 - 현행 설계 단계에서의 PDA는 공칭궤도에서 $\pm 5^\circ$ 로 되어 있으나, 위성 시스템의 안정적 설계를 위해 PDA를 적용하지 않는 것이 제안되었음
- o 결과
 - PDA를 적용하지 않을 경우 설계 단계를 언제로 볼 것인지에 대한 논의가 있었으며, 회의에서는 위성망이 List로 등록되는 시점에 적용하기로 함

2.21.4 Retention or not of the PDA

- o 내용
 - PDA 개념의 유지 여부와 관련하여 계획의 유연성을 위해 필요하다는 의견과 PDA 개념을 삭제해야 한다는 의견이 있음
- o 결과
 - PDA를 모든 절차에 적용할 것인지, 일부 규정에 적용할 것인지, 또는 삭제할 것인지 세가지의 경우로 추후 논의를 계속하기로 함

2.22 Other issues to be brought to the attention of the WP-SC

o 내용

- AP 30B의 6.60는 규정의 효력이 없음에 따라 삭제하도록 할 것이 제안됨
- 지구국 안테나 패턴의 일부 규정에 오류가 있음을 지적함
- AP 30B의 6조와 8조 적용시 AP 4에 따른 자료제출 관련 제안이 있었음

o 결과

- 관련 내용을 WP-SC에 송부하여 검토하도록 함

제 3 장 비정지 위성시스템과 다른 시스템간의 주파수 공유조건 연구(WRC-07 의제 1.18을 중심으로)

제 1 절 서론

위성을 이용한 상업용 통신서비스는 초기에 주로 정지궤도를 이용하다 1990년대에 들어서면서 Iridium을 시작으로 Globalstar, ICO 등 저궤도를 이용하는 위성시스템의 계획으로 비정지궤도의 이용에 대한 관심이 증가하게 되었다. 최근 들어서 궤도 경사각이 큰 타원궤도(HEO or HIO)¹⁾를 이용하는 위성시스템의 상업적 이용에 대한 관심이 국제적으로 증가하고 있다.

고경사궤도(HIO)를 이용하는 고정위성업무(FSS)²⁾의 상용화에 따라, 국제전기통신연합(ITU-R)³⁾은 HIO FSS와 지상 고정업무(FS)⁴⁾와의 주파수 공유를 위하여 1996년부터 HIO 위성의 출력제한값 즉, 전력속밀도(pfd)⁵⁾에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있으며, 2003년에 개최된 세계전파통신회의(WRC-03)⁶⁾는 4 GHz에서 HIO FSS 시스템을 포함한 비정지궤도(non-GSO)⁷⁾ 위성시스템의 pfd 제한값과 11 GHz 대역에서 HIO FSS 시스템의 pfd 제한값을 새로 규정하여 국제전파규칙(RR)⁸⁾을 개정한 바 있다. 이와 함께 현재 RR에서 규정하고 있는 18 GHz 대역의 비정지궤도 고정위성업무에 대한 pfd 제한값을 궤도 경사각이 45° - 135° 이고 원지점고도가 18,000 km 이상인 HIO FSS 시스템에 적용할 경우 동 대역에서 운용 중인 FS 시스템이 간섭으로부터 보호될 수 있는지에 대한 연구를 WRC-07의 의제(의제 번호 1.18)로 채택하였으며 현재 ITU-R의 관련 연구반(WP4-9S)⁹⁾ 내에서 연구가 진행 중에 있다.

1) HEO or HIO : Highly Elliptical Orbit or Highly Inclined Orbit

2) FSS : Fixed Satellite Service

3) ITU-R : Radiocommunication Sector in International Telecommunication Union

4) FS : Fixed Service

5) pfd : Power-Flux Density

6) WRC : World Radiocommunication Conference

7) non-GSO : non-Geostationary Orbit

8) RR : Radio Regulations

9) WP4-9S : Working Party 4-9S, ITU-R 내에서 고정위성업무에 대한 연구를 수행하고 있는 SG4와 지상 고정업무에 대한 연구를 수행하는 SG9의 공동 작업반으로, 주로 고정위성업무와 지상 고정업무간의 주파수 공유 방법에 대한 연구를 수행함

본 연구는 HIO 위성시스템이 저궤도(LEO)¹⁰⁾나 중궤도(MEO)¹¹⁾를 이용하는 비정지궤도 위성시스템과는 다른 운용 특성을 갖는다는 점을 고려하여 HIO 위성시스템이 FS 시스템에 야기하는 간섭의 특성에 대해 분석하고자 하였으며, 이와 함께 18 GHz 대역에서 HIO FSS 시스템과 FS 시스템이 동일 주파수를 사용하여 운용될 수 있는 위성시스템의 출력제한값에 대한 연구도 수행하였다.

제 2 절 고정사궤도를 이용하는 위성시스템의 운용 특성¹²⁾

HIO 위성시스템은 active arc라고 불리는 궤도의 어떤 특정부분에서만 송신을 하게 되는데, 타원 궤도의 경우에 active arc는 위성이 아주 느린 속도로 움직이는 원지점 근처의 한 부분이다. 이러한 HIO를 이용하는 위성시스템은 정지궤도(GSO)¹³⁾ 위성에 비해서 비교적 고양각으로 중위도 또는 고위도 지역을 서비스할 수 있으므로 주위의 건물 등에 의한 신호 감쇠가 적은 장점을 가진다. 또한 LEO나 MEO 위성과 비교하여, GSO와 이격시켜서 설계할 수 있으므로 인해 GSO를 이용하는 위성시스템과의 주파수 공유 환경이 개선될 수 있는 장점이 있다. HIO 위성시스템은 지표면에서 반복되는 궤적을 가질 수 있으며 active arc에서만 송신하는 운용 특성으로 인하여 지구국에서의 위성 트래킹이 비교적 단순해질 수 있다.

제 3 절 고정사궤도 위성시스템의 간섭 특성

타원궤도를 이용하는 HIO 위성시스템이 원궤도를 이용하는 일반적인 비정지궤도 위성시스템과는 다른 운용 특성을 갖는다는 점을 고려하여, 타원궤도와 원궤도를 이용하는 비정지위성시스템이 FS 시스템으로 야기하는 간섭의 시간 특성을 분석하였다.

10) LEO : Low Earth Orbit

11) MEO : Medium Earth Orbit

12) HIO FSS 위성시스템의 운용 특성에 관한 자세한 사항은 전파연구소 2001년도 연구보고서 “고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구 (지상망과의 주파수 공유를 중심으로: 1차년도) 제2장 제2절” 및 2001년도 연구보고서 “고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구 (2차년도) 제2장 제3절” 참조

13) GSO : Geostationary Orbit

1. 시뮬레이션 방법

HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭 특성을 분석하기 위하여, 각각 두 가지 형태의 타원궤도와 원궤도 시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭을 계산하였다. 타원궤도 위성시스템으로는 USCSID-P와 USAKU-H2를, 원궤도 위성시스템으로는 MEO-1과 ATM-MEO 시스템을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. MEO-1 시스템을 제외한 나머지 3개의 시스템은 실제 ITU에 국제등록을 했거나 혹은 신청한 제원을 참고하였으며, 본 논문에서 MEO-1이라고 명명한 시스템은 궤도 경사각과 이심률의 차이에 의한 간섭 특성의 영향을 분석하기 위하여 본 연구에서 임의로 가정한 제원을 갖는다. 즉, USCSID-P 시스템과 동일한 궤도 경사각과 궤도 주기를 가지며, 궤도는 USCSID-P 시스템의 궤도 장반경과 동일한 궤도 반경을 갖는 원궤도로 하였다. 시뮬레이션에 이용된 4개의 위성시스템 제원을 <표 3.1>에 정리하였다.

<표 3.1> 위성시스템의 제원

시스템 타입	USCSID-P	USAKU-H2	MEO-1	ATM-MEO
원지점고도 (km)	39,400	27,288	39,400	20,000
근지점고도 (km)	1,000	517	39,400	20,000
이심률	0.72	0.66	0	0
궤도주기 (hr)	12	8	12	12
궤도경사각 (°)	63	63	63	55
총위성수/ 총궤도면수	8/8	9/9	8/4	15/3
active 위성수	4	6	8	15
위성 active arc 위도 (°)	54N-90N	45N-90N	90S-90N	90S-90N
위성 출력	RR 표 21-4에서 정하고 있는 pfd 제한값 : -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°			

FS 시스템의 수신기 제원은 ITU-R의 연구반 내에서 합의된 제원을 이용하였으며, <표 3.2>에 정리하였다.

<표 3.2> FS 시스템의 수신기 제원

수신기 위치 (°)	38N, 127E
앙 각 (°)	0
방위각 (°)	1-360 (1° 단위)
해발고도 (m)	0
안테나 고도 (m)	13
안테나 패턴	Rec. ITU-R F.1245
안테나 최대이득 (dBi)	38
피더로스 (dB)	3
열잡음 (dBW/MHz)	-139
대기감쇠	Rec. ITU-R SF.1395
FS 보호기준	Rec. ITU-R F.1495의 장기간 보호기준: 20% 이상의 시간에 대해서 I/N값은 -10dB를 초과할 수 없음

타원궤도 혹은 원궤도를 갖는 HIO 위성시스템으로부터 FS로의 간섭 특성을 분석하기 위하여 4개의 시나리오를 설정하여 시뮬레이션 결과를 분석하였는데, 각 시나리오를 요약하면 다음과 같다.

- o 시나리오 1 : 타원궤도 시스템(USCSID-P)과 원궤도 시스템(MEO-1)에 의한 간섭 특성 비교
- o 시나리오 2 : FS의 방위각 변화에 따른 타원궤도 시스템(USCSID-P)의 간섭 특성의 변화
- o 시나리오 3 : 이심률이 다른 타원궤도 시스템(USCSID-P 및 USAKU-H2)의 간섭 특성 비교 및 위성 수의 증가에 따른 간섭 특성 분석
- o 시나리오 4 : 서로 다른 궤도 특성을 갖는 원궤도 시스템의 간섭 특성 비교 및 위성 수의 증가에 따른 간섭 특성 분석

모든 시뮬레이션에서 각 위성의 출력은 RR 표 21-4에 따르는 전력속밀도 값을 지표면에 생성하는 것으로 가정하였으며, 시뮬레이션은 $\Delta t=1$ 분으로 하여 30일 동안 수행하였다. 우선 FS의 양각을 0° 로 고정시키고 방위각을 1° 에서 360° 까지 1° 씩 변화시켜가면서 각 방위각에서의 평균 I/N값을 계산하여 평균 I/N 값이 가장 크게 나오는 방위각을 최대 간섭 방위각(worst azimuth)으로 선정하고, 최대 간섭 방위각에서 I/N의 시간 분포 곡선을 그렸다. I/N의 시간 분포 곡선을 통해 타원궤도와 원궤도 시스템에 의한 간섭 특성을 비교 분석하였다. FS 수신기에서의 I/N 값은 아래의 식(3.1)을 이용하여 계산하였다.

$$I_j = pfd_j + 10\log\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) + G_{FS-j}(\phi) - L_{atm} - L_{feeder} \quad (3.1)$$

$$\frac{I}{N} = \frac{\sum_j I_j}{N} \quad (3.2)$$

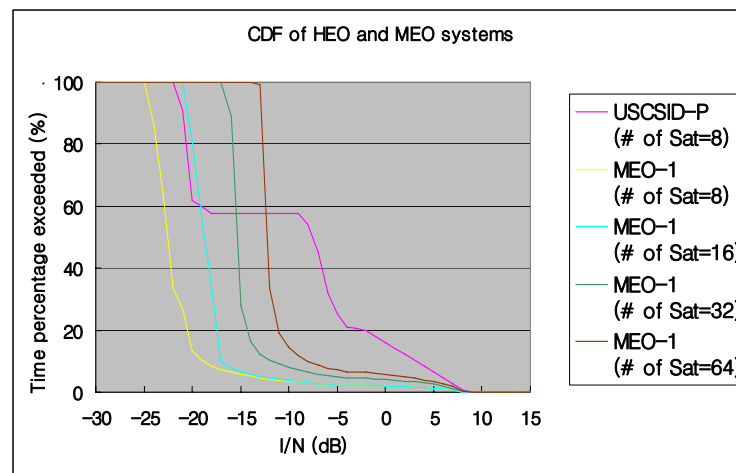
여기서,

- pfd_j : j 번째 HIO 위성의 출력에 의한 지표면에서의 전력속밀도값 (dB(W/m²/MHz))
- $G_{FS-j}(\phi)$: ITU-R 권고 F.1245의 안테나 패턴을 따르는 FS 수신기의 j 번째 HIO 위성 방향으로의 이득
- ϕ : HIO 위성과의 FS 수신기간의 안테나 이각
- L_{feeder} : FS 수신기의 피더로스
- L_{atm} : ITU-R 권고 SF.1395에 따르는 대기 감쇠
- N : FS 수신기의 열잡음 (dBW/MHz)

2. 시뮬레이션 결과

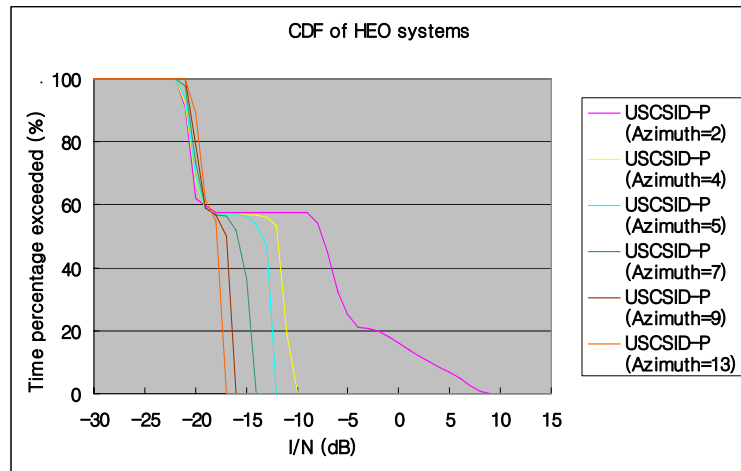
<그림 3.1>에서 <그림 3.4>는 각 시나리오에 의한 타원궤도 또는 원궤도 시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭 분석 시뮬레이션 결과로서 I/N의 시간에 대한 누적분포함수(CDF) 곡선을 그린 것이다.

<그림 3.1>은 시나리오 1에 대한 시뮬레이션 결과로, 원궤도 시스템인 MEO-1과 타원궤도 시스템인 USCSID-P가 FS 수신기에 야기하는 간섭의 CDF 곡선을 비교 도시한 것이다. MEO-1은 ITU-R 권고 F.1495에서 요구하는 FS 장기간 보호기준 (20% 시간률에서 -10dB)을 만족하는 반면, USCSID-P는 보호기준을 만족하지 못하는 것을 볼 수 있다. 또한 MEO-1과 USCSID-P의 CDF 곡선이 서로 다른 형태를 갖는 것을 볼 수 있는데, USCSID-P의 CDF 곡선에서 특이하게 계단 형태가 나타나는 것을 볼 수 있다.



<그림 3.1> 타원궤도와 원궤도 시스템의 간섭 특성 비교
(타원궤도 : USCSID-P, 원궤도 : MEO-1,
FS 방위각 : 최대 간섭 방위각)

<그림 3.2>는 시나리오 2에 대한 시뮬레이션 결과로, <그림 3.1>에서 나타난 MEO-1과 USCSID-P의 CDF 곡선 형태의 차이가 궤도 형태의 차이 (원궤도와 타원궤도라는 점)에 기인하는 것인지 아니면 궤도 형태와는 무관하게 최대 간섭 방위각에서 나타나는 현상인지를 확인하기 위하여, FS 방위각의 변화에 따른 USCSID-P의 CDF 곡선의 변화를 비교 도시한 것이다. 방위각이 변화함에 따라서 $I/N = -10\text{dB}$ 이상인 시간률이 현저히 감소하지만 <그림 3.1>에서 볼 수 있었던 계단 모양의 CDF 곡선 형태는 어느 정도 유지되는 것을 볼 수 있다. 이로부터 USCSID-P가 계단 형태의 CDF 곡선을 갖는 것은 최대 간섭 방위각에 의한 것이 아니라 MEO-1과는 다른 USCSID-P의 궤도 특성 혹은 운용 특성에 기인하는 것임을 예측할 수 있다.



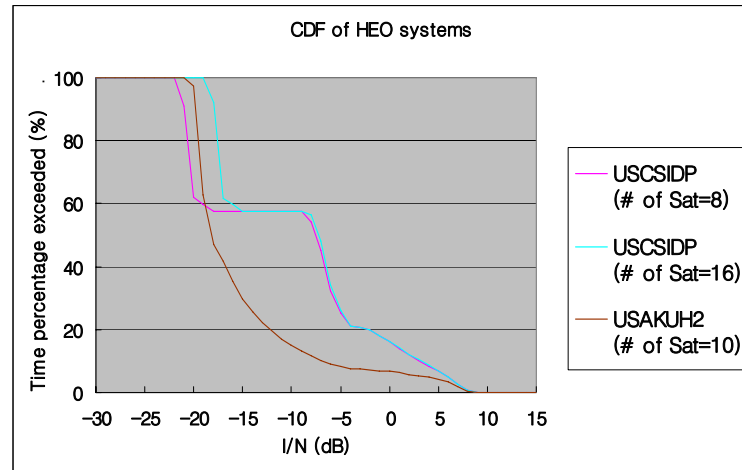
<그림 3.2> FS 방위각의 변화에 따른 원궤도 시스템의 간섭 특성
(원궤도 : USCSID-P, FS 최대 간섭 방위각 : 2°)

<그림 3.3>은 시나리오 3의 결과를 도시한 것으로, USCSID-P의 계단 형태의 CDF 곡선이 단지 타원이라는 궤도 형태에 기인한 것인지 active arc라는 궤도의 특정 부분에서만 송신을 하는 운용 특성에 기인한 것인지를 확인하기 위하여 궤도 특성이 다른 타원궤도 시스템(USCSID-P와 USAKU-H2)에 대해 시뮬레이션을 수행하고 그 결과로서 CDF 곡선을 비교 도시한 것이다.

USAKU-H2는 USCSID-P와는 달리 계단 형태의 CDF 곡선을 갖지 않으며 원궤도 시스템인 MEO-1의 CDF 곡선에 유사한 곡선 형태를 갖는 것을 볼 수 있다. 이로부터 USCSID-P의 CDF 곡선에서 나타나는 계단은 궤도 형태가 타원궤도라거나 혹은 active arc라는 특정 부분에서만 송신하는 운용 특성에 의한 것이 아님을 알 수 있다. 계단 형태의 CDF 곡선은 USCSID-P가 USAKU-H2와는 다른 이심률을 가지므로 인하여 두 시스템의 지표면에서의 궤적 형태가 다르기 때문인 것으로 사료된다.

USAKU-H2는 원지점 부근에서 MEO-1과 유사한 궤적 형태를 갖는 반면, USCSID-P는 이심률이 커서 원지점 부근에서 위성의 속도가 매우 느리고 이로 인하여 원지점 부근에서 위성이 상당 시간 머무르게 되므로 이 부분에서 매우 샤프한 궤적을 갖게 된다. 즉, 지상에서 볼 때 원지점 근처의 USCSID-P 위성은 그 속도가 매우 느려 마치 정지해 있는 것처럼 보이며, 이렇게 정지되어 있는 듯한 USCSID-P 위성은 FS 수신기에 준 영구적인 간

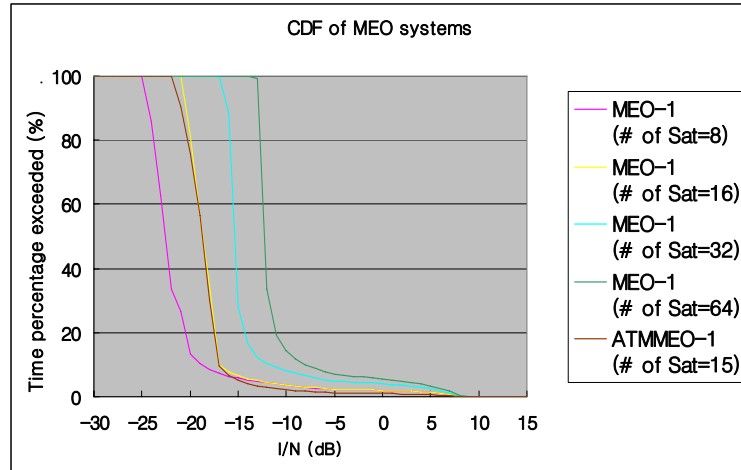
섭을 야기하므로 인하여 CDF 곡선이 계단 형태로 나타나는 것으로 사료된다. USCSID-P의 위성 수를 증가시켰을 경우 계단 모양의 CDF 곡선 형태는 그대로 유지되면서 낮은 I/N 값이 전체적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.



<그림 3.3> 이심률이 다른 타원궤도 시스템의 간섭 특성 비교
(USCSID-P : 이심률 0.72, USAKU-H2 : 이심률 0.66,
FS 방위각 : 최대 간섭 방위각)

<그림 3.4>는 시나리오 4의 결과를 도시한 것으로, 궤도 형태가 다른 원궤도 시스템(MEO-1과 ATM-MEO)의 CDF 곡선을 비교 도시한 것이다. 두 시스템이 유사한 CDF 곡선(계단을 갖지 않는)을 갖는 것을 볼 수 있으며, MEO-1의 위성 수를 증가시키면 USCSID-P의 경우와 마찬가지로 낮은 I/N 값이 전체적으로 증가하는 것을 볼 수 있다.

<표 3.3>은 20%의 시간률에서 추정되는 I/N 값을 비교 정리한 것으로, USCSID-P 시스템이 장기간 보호기준을 초과하는 간섭을 FS에 야기하는 것을 볼 수 있다. <그림 3.1>에서 <그림 3.4> 그리고 <표 3.3>의 결과로부터 계단 형태의 CDF 곡선을 갖는 시스템이 FS에 보호기준을 초과하는 간섭을 야기할 수 있음을 알 수 있고 이로부터 위성궤도의 이심률이 HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭에 매우 중요한 요인으로 작용함을 알 수 있다.



<그림 3.4> 궤도특성이 다른 원궤도 시스템의 간섭 특성 비교
(FS 방위각 : 최대 간섭 방위각)

<표 3.3> FS 수신기에서의 간섭 레벨
(FS 방위각 : 최대 간섭 방위각)

궤도 형태	위성시스템	총위성수	FS 방위각 (°)	20% 시간률에서의 I/N값 (dB)
타원	USCSID-P	8	2	<u>-2.2</u>
		16	2	<u>-2.1</u>
	USAKU-H2	10	10	-12.2
원	MEO-1	8	344	-20.5
		16	344	-17.4
		32	17	-14.3
		64	16	-11.2
	ATM-MEO	15	30	-17.5

제 4 절 고정사궤도 위성시스템의 출력제한값

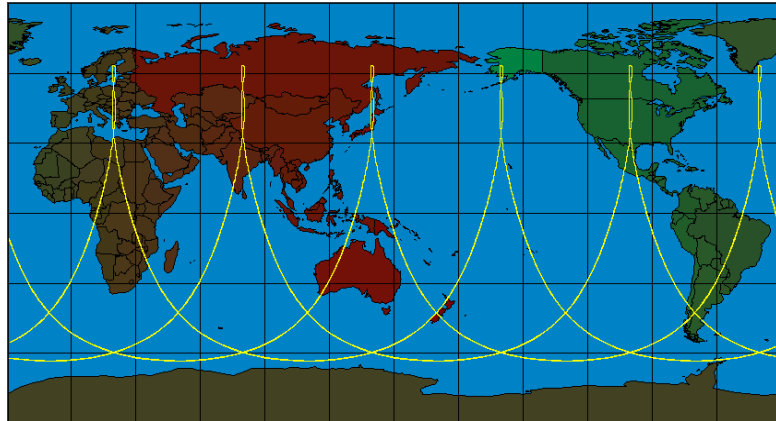
RR 21조에서 규정하고 있는 pfd 제한값에 대해서 HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭을 계산하였으며, 이로부터 FS 시스템이 적절히 보호될 수 있는 위성의 pfd 제한값을 분석하였다. 본 연구에서는 현재 ITU-R WP4-9S에서 고려하고 있는 세 가지 형태의 HIO FSS 위성시스템 중에서 단지 USAVKA-H1형 시스템만을 고려하여 시뮬레이션을 수행하였고 그 결과를 분석하였다. ITU-R WP4-9S에서 논의되고 있는 HIO-FSS 시스템은 USAVKA-H1, USCSID-P, N-SAT-HEO2의 3가지 형태로, 이 중에서 USAVKA-H1형과 USCSID-P형은 유사한 궤도 특성을 가지며 USAVKA-H1형이 N-SAT-HEO2형에 비해서 위성 수가 많고 이심률이 커서 FS 시스템에 야기하는 간섭 레벨이 더 클 것으로 예상됨에 따라 본 연구는 USAVKA-H1형 시스템에 초점을 맞추어 분석을 수행하였다.

1. 시뮬레이션 방법

HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭을 분석하기 위하여, 3개의 USAVKA-H1형 시스템이 전 세계적으로 균일하게 분포한다는 가정 하에 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션에 이용한 USAVKA-H1형 시스템과 FS 수신기의 특성을 <표 3.4>와 <표 3.5>에 정리하였다. 이들 시스템의 특성은 현재 ITU-R WP4-9S에서 논의되고 있는 특성을 그대로 적용하였다.

<표 3.4> USAVKA-H1 위성시스템의 제원

원지점고도 (km)	39,352
근지점고도 (km)	1,111
이심률	0.72
궤도주기 (hr)	43,064
궤도경사각 (°)	63.4
근지점각 (°)	270
총위성수/총궤도면수	3/3
지구국의 최소 운용 양각 (°)	10
위성의 최소 운용 고도 (km)	16,000



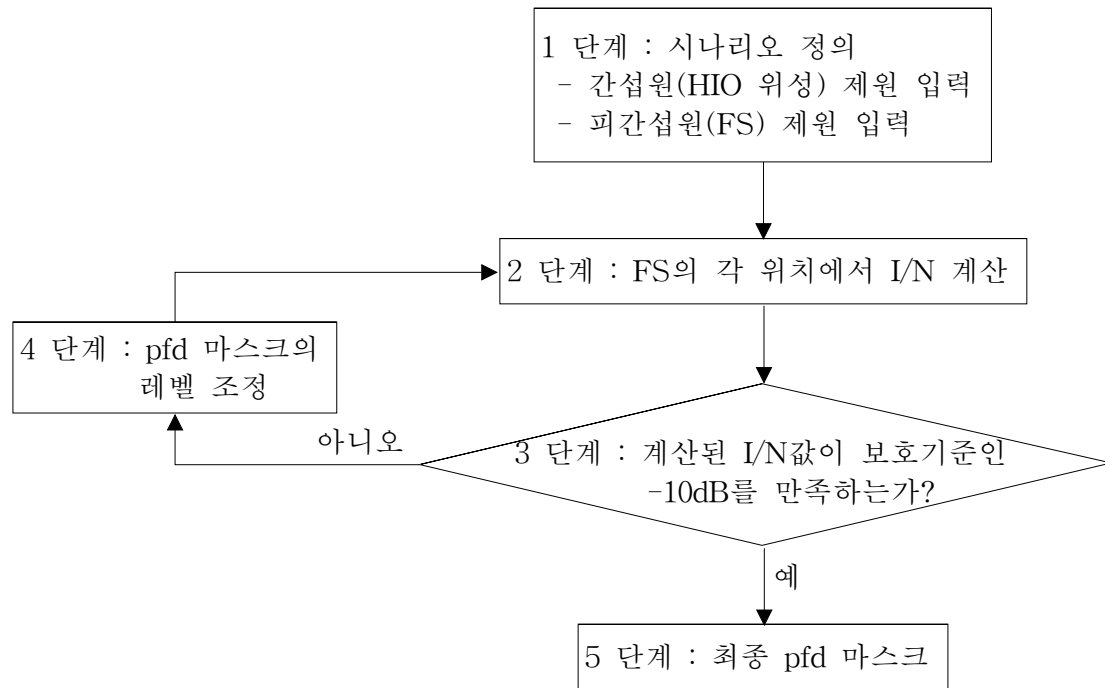
<그림 3.5> USAVKA-H1 시스템의 궤적

<표 3.5> FS 시스템의 수신기 제원

주파수 (GHz)	18
수신기 위치 (°)	72E - 170W (2° 간격)
앙 각 (°)	2.2
방위각 (°)	1-360 (1° 단위)
해발고도 (m)	0
안테나 고도 (m)	13
안테나 패턴	Rec. ITU-R F.1245
안테나 최대이득 (dBi)	32, 38, 48
피더로스 (dB)	3
열잡음 (dBW/MHz)	-139
대기감쇠	Rec. ITU-R SF.1395
FS 보호기준	Rec. ITU-R F.1495의 장기간 보호기준: 20% 이상의 시간에 대해서 I/N값은 -10dB를 초과할 수 없음

FS 수신기가 북위 0°에서 60°까지 10° 간격으로, 동경 72°에서 서경 170°까지 2° 간격으로 위치하는 것으로 하여, 각 위치에서 방위각 1°에서 360°까지 1° 간격으로 각 방위각에서 I/N의 시간 평균값을 계산하였다. 각 위치에서 평균 I/N값이 가장 높게 나타나는 방위각을 그 위치에서의 최대 간섭 방위각(worst azimuth)으로 선정하고, 각 위치의 최대 간섭 방위각에서의 I/N 값들이(총 420개 데이터) FS 보호기준인 -10dB를 만족하도록 위성의 pfd 마스

크를 조정하여 FS 보호기준이 만족되는 최종 pfd 마스크를 도출하였다. 시뮬레이션은 $\Delta t=1$ 분으로 30일 동안 수행하였다. pfd 마스크 도출 방법을 그림 6에 도시하였다.



<그림 3.6> pfd 마스크 도출 방법

2. 시뮬레이션 결과

<표 3.6>, <표 3.7> 및 <표 3.8>은 각각 32 dBi, 38 dBi 및 48 dBi의 안테나 이득을 갖는 FS 수신기가 HIO 위성시스템으로부터 받는 간섭을 계산한 결과를 정리한 것이다. 각 FS 위치에서 최대 간섭 방위각만을 고려하여 분석을 수행하였다. 현 RR의 pfd 마스크인 -115/-105의 경우, 세 가지의 FS 안테나 이득 모두에 대해서 50 % 이상의 위치에서 -10 dB의 보호기준을 초과하므로 보호기준을 만족하기 위해서는 RR의 현 pfd 제한값이 강화될 필요가 있다. 38 dBi 안테나의 경우, 도래각이 5° 이하에서 pfd 제한값이 약 10 dB 이상 강화될 필요가 있으며, 38 dBi 및 48 dBi의 경우에는 약 20 dB 정도 강화되어야 함을 알 수 있다.

<표 3.6>은 32 dBi의 안테나 이득에 대해서 I/N값과 이를 초과하는 FS 무선국의 비율을 정리한 것이다. 현 RR의 pfd 마스크인 -115/-105 마스크의 경우, 최대 I/N은 0.2 dB이며, 약 1.4 %의 FS 위치에서 최대 I/N값을 가짐을 알 수 있다. 보호기준인 -10 dB를 초과하는 위치의 비율은 69 % 정도이며, 0 dB를 초과하는 비율도 약 1.9 %임을 알 수 있다. 도래각이 5° 이하에서의 pfd 값을 7 dB 감소시키면(-122/-105 마스크) FS에서 받는 간섭이 현저하게 감소하는데, 최대 I/N이 0.2 dB에서 -6.5 dB로 약 7 dB 정도 감소한다. 하지만 최대 I/N 값을 갖는 FS 위치의 비율은 큰 차이가 없으며, 약 35 %의 위치에서 여전히 보호기준을 초과하는 간섭을 받음을 알 수 있다. 도래각이 5° 이하에서 현 RR의 pfd 제한값을 10 dB 감소시켰을 경우(-125/-105 마스크), 최대 I/N값은 약 -9.2 dB로 감소하고 보호기준을 초과하는 FS 위치의 비율도 약 3.3 %로 감소함으로 인하여 간섭 환경이 훨씬 개선됨을 알 수 있다.

<표 3.6> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=32dBi)

pfd 마스크	-115/-105	-122/-105	-125/-105
최대 I/N값 (dB)	0.2	-6.5	-9.2
최대 I/N값을 갖는 FS의 퍼센트 (%)	1.4	1.2	1.2
I/N 값 (dB)	좌측의 I/N 값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (%)		
-10	69.0	35.0	3.3
-9	62.9	29.8	0.0
-8	59.5	18.3	0.0
-7	58.1	3.1	0.0
-6	56.2	0.0	0.0
-5	46.7	0.0	0.0
-4	36.2	0.0	0.0
-3	33.8	0.0	0.0
-2	26.7	0.0	0.0
-1	13.8	0.0	0.0
0	1.9	0.0	0.0

<표 3.7>은 38 dBi의 안테나 이득에 대해서 I/N값과 이를 초과하는 FS 무선국의 비율을 정리한 것이다. 현 RR의 pfd 마스크(-115/-105)의 경우, 최대 I/N은 4.7 dB이며, 약 0.5 %의 FS 위치에서 최대 I/N 값을 가짐을 알 수 있다. 32 dBi 안테나의 경우와 비교하여 최대 I/N값은 증가하는 반면, 최대 I/N값을 갖는 비율은 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이는 안테나 이득이 증가할수록 안테나 빔폭이 감소하기 때문인 것으로 사료된다. 보호기준을 초과하는 위치의 비율은 66 % 정도이며 0 dB를 초과하는 비율도 약 28 % 정도로, 32 dBi 안테나의 경우에 비해서 간섭 환경이 악화됨을 알 수 있다. 하지만 32 dBi 안테나의 경우와 마찬가지로 5° 이하에서의 pfd 값을 감소시키면 최대 I/N 값은 감소하지만 최대 I/N 값을 갖는 위치의 비율은 차이가 없음을 알 수 있다. 5° 이하에서의 pfd 값을 15 dB 감소시킬 경우(-130/-105 마스크), 최대 I/N은 4.7 dB에서 -9.8 dB로 약 14 dB 정도 개선되고 보호기준을 초과하는 FS 위치의 비율도 66 %에서 0.5 %로 감소함으로 인하여 간섭 환경이 개선됨을 볼 수 있다.

<표 3.7> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=38dBi)

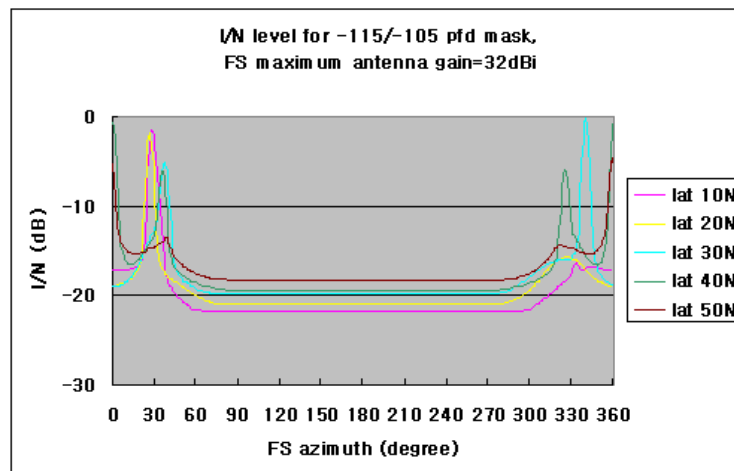
pfd 마스크	-115/-105	-122/-105	-125/-105	-127/-105	-130/-105
최대 I/N값 (dB)	4.7	-2.2	-5.1	-7.0	-9.8
최대 I/N값을 갖는 FS의 퍼센트 (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
I/N 값 (dB)	좌측의 I/N 값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (%)				
-10	66.2	52.4	30.2	10.5	0.5
-9	62.9	44.0	23.3	7.1	0.0
-8	60.0	33.6	10.0	2.1	0.0
-7	58.6	29.8	6.7	0.0	0.0
-6	58.1	20.5	1.7	0.0	0.0
-5	56.7	9.5	0.0	0.0	0.0
-4	53.3	6.7	0.0	0.0	0.0
-3	50.2	1.4	0.0	0.0	0.0
-2	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0
-1	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0
0	28.1	0.0	0.0	0.0	0.0

<표 3.8>은 48 dBi의 안테나 이득에 대해서 I/N값과 이를 초과하는 FS 무선국의 비율을 정리한 것이다. 현 RR의 pfd 마스크(-115/-105)의 경우, 최대 I/N은 10.4 dB이며, 약 0.5 %의 FS 위치에서 최대 I/N값을 갖는다. 32 dBi와 38 dBi 안테나의 경우보다 최대 I/N값은 증가하고 최대 I/N값을 갖는 비율은 감소한다. 보호기준을 초과하는 위치의 비율은 59 % 정도이며, 0 dB를 초과하는 비율도 약 45 % 정도로, 32 dBi나 38 dBi 안테나에 비해서 간섭 환경이 훨씬 악화됨을 알 수 있다. 5° 이하에서의 pfd 값을 20 dB 감소시킬 경우(-135/-105 마스크), 최대 I/N값은 10.4 dB에서 -9.3 dB로 약 29 dB 정도 개선되고 보호기준을 초과하는 FS 위치의 비율도 59%에서 1.7 %로 감소함으로 인하여 간섭 환경이 개선됨을 볼 수 있다.

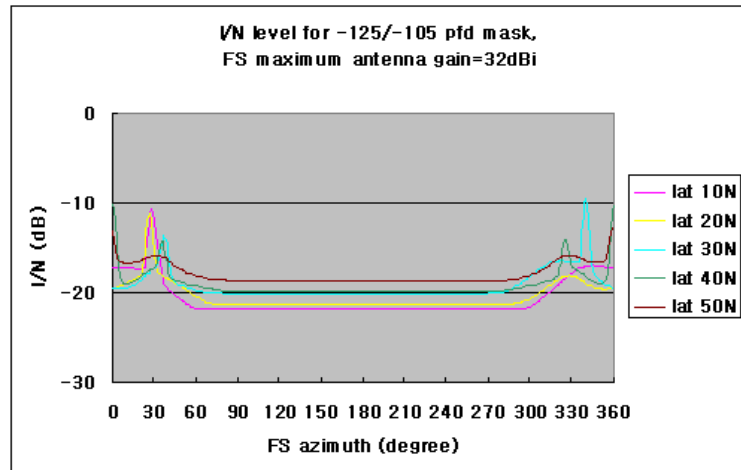
<표 3.8> I/N값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (FS 안테나 이득=48dBi)

pfd 마스크	-115/ -105	-122/ -105	-125/ -105	-127/ -105	-130/ -105	-132/ -105	-135/ -105
최대 I/N값 (dB)	10.4	3.4	0.4	-1.6	-4.5	-6.5	-9.3
최대 I/N값을 갖는 FS의 퍼센트 (%)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
I/N 값 (dB)	좌측의 I/N 값을 초과하는 FS 무선국의 퍼센트 (%)						
-10	58.6	54.0	47.1	32.1	6.9	5.0	1.7
-9	58.1	51.9	40.0	27.1	5.0	3.6	0.0
-8	57.1	49.8	30.2	14.0	5.0	2.9	0.0
-7	56.7	45.5	26.9	6.9	3.6	1.7	0.0
-6	56.2	37.9	11.4	5.0	2.9	0.0	0.0
-5	56.2	30.0	6.9	5.0	1.4	0.0	0.0
-4	54.8	26.2	5.0	3.6	0.0	0.0	0.0
-3	53.8	11.7	5.0	2.6	0.0	0.0	0.0
-2	51.4	7.1	3.3	1.4	0.0	0.0	0.0
-1	48.6	5.2	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
0	44.8	5.2	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0

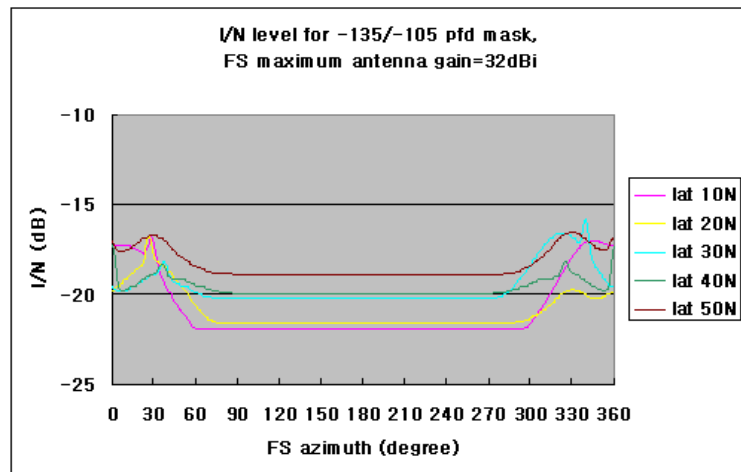
<그림 3.7>에서 <그림 3.15>는 세 가지의 pfd 마스크 (-115/-105, -125/-105, -135/-105) 및 세 가지의 FS 안테나 이득 (32 dBi, 38 dBi, 48 dBi)에 대해서 FS의 위도 변화에 따른 I/N 곡선을 비교 도시한 것이다. 위도가 증가할수록 I/N의 전체적인 레벨이 증가하는 것을 볼 수 있는데, 이는 HIO 위성이 active arc에서만 송신을 함으로 인하여 FS가 고위도에 위치할수록 FS 수신기에 간섭을 줄 수 있는 HIO 위성의 수가 증가하기 때문인 것으로 사료된다. FS의 안테나 이득이 증가할수록 I/N의 피크 값은 증가하는 반면 I/N의 전체적인 레벨은 감소함을 볼 수 있는데, 이는 이미 설명했었던 것처럼 안테나 이득이 증가할수록 빔폭이 줄어들고 off-axis gain이 감소하기 때문이다. 즉, 안테나 이득이 커질수록 주빔으로 간섭이 들어올 확률은 줄어들지만 일단 주빔으로 간섭이 들어오게 되면 주빔의 이득이 커지므로 간섭 레벨이 커지게 된다. 또한 안테나 이득이 커질수록 부엽으로 간섭이 들어올 확률은 증가하지만 부엽으로 간섭이 들어오면 부엽의 이득이 감소함으로 인하여 간섭 레벨도 감소하게 된다.



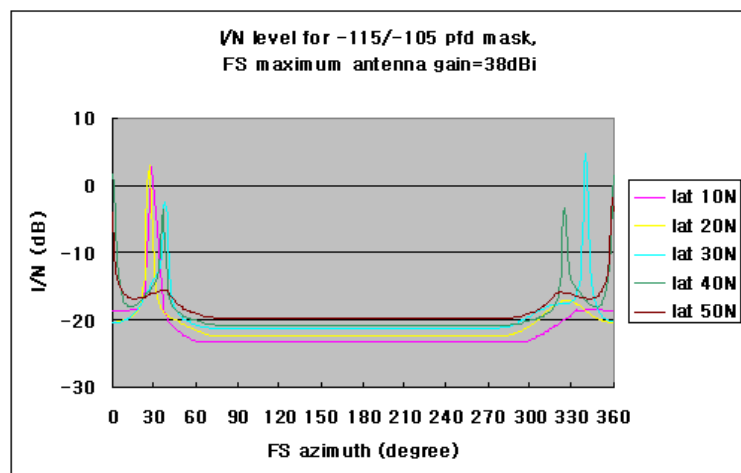
<그림 3.7> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)



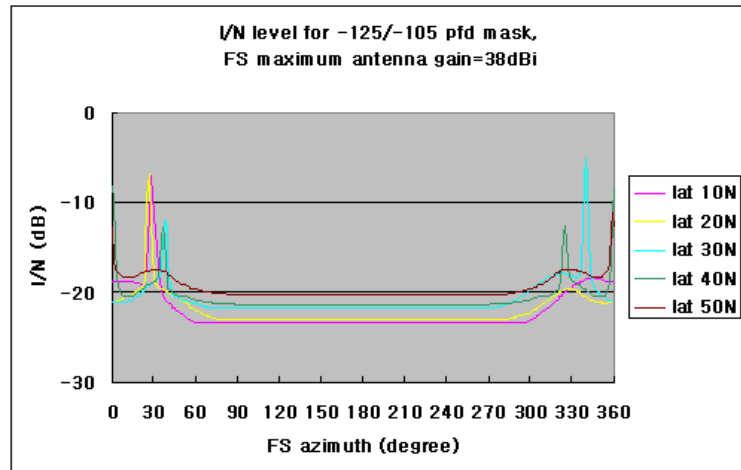
<그림 3.8> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)



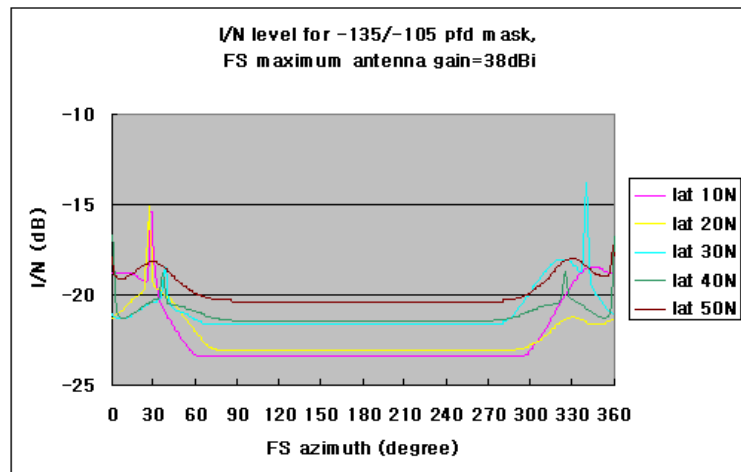
<그림 3.9> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=32dBi)



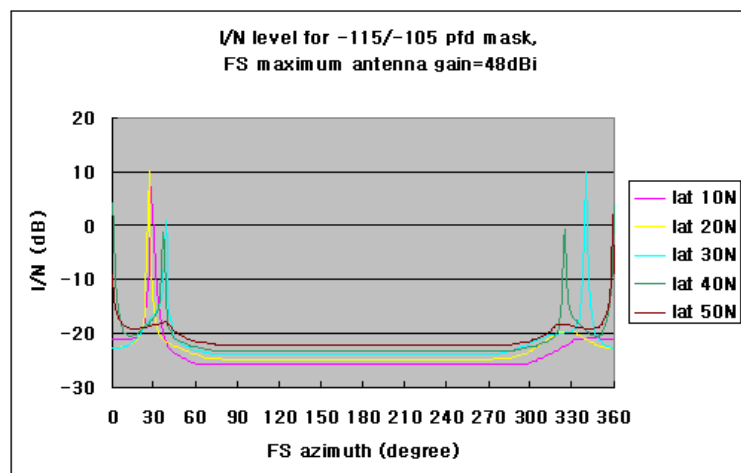
<그림 3.10> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)



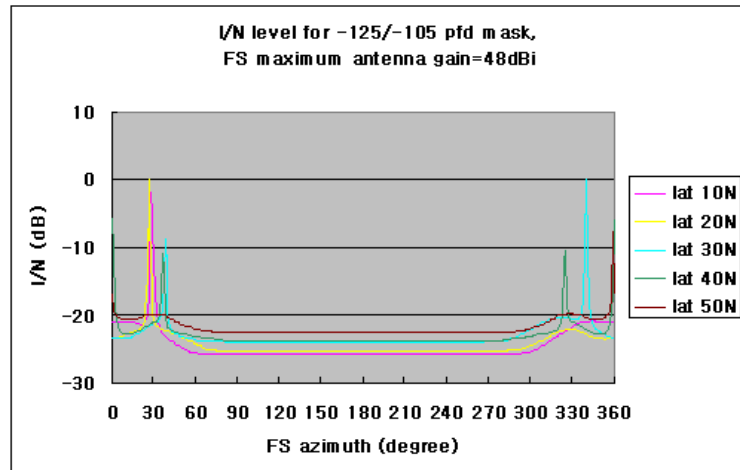
<그림 3.11> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)



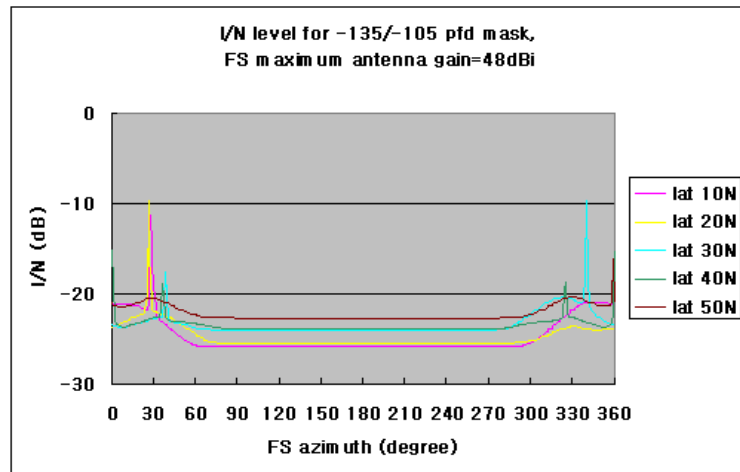
<그림 3.12> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=38dBi)



<그림 3.13> -115/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)



<그림 3.14> -125/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)



<그림 3.15> -135/-105 마스크에 대한 I/N값 (FS 안테나 이득=48dBi)

제 5 절. 결론

본 연구에서는 HIO 위성시스템과 FS 시스템이 주파수를 공유하는 환경에서 HIO 위성시스템의 간섭 특성과 HIO 위성시스템에 적용할 수 있는 출력 제한값에 대해 분석하였다.

우선 타원궤도 또는 원궤도를 이용하는 HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭 특성을 분석하기 위하여, 네 가지의 시나리오에 대해서 시뮬레이션을 수행하고 그 결과를 분석하였다. 시나리오 1에서는 타원궤도와 원궤도 시스템에 의한 간섭 특성을, 시나리오 2에서는 FS의 방위각의 변화에

따른 타원궤도 시스템의 간섭 특성을 비교 분석하였다. 시나리오 3에서는 이심률이 다른 타원궤도 시스템에 대해서 그리고 시나리오 4에서는 궤도 특성이 다른 원궤도 시스템에 대해서 간섭 특성을 비교 분석하였다.

네 가지 시나리오에 대한 분석 결과, 이심률이 큰 타원궤도 시스템이 FS 시스템의 보호기준을 초과하는 간섭을 야기하는 것을 알 수 있었다. HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭에서 위성시스템의 이심률이 매우 중요한 요인임을 고려하면, 다양한 이심률을 갖는 위성시스템에 대한 분석을 통하여 FS 시스템과의 주파수 공유 환경을 개선할 수 있는 HIO 시스템의 궤도 및 운용 특성을 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

FS 시스템이 적절히 보호될 수 있는 HIO 위성시스템의 출력제한값을 분석하기 위하여, USAVKA-H1형 HIO 시스템 3개가 전 세계적으로 균일하게 분포한다는 가정 하에 세 가지의 FS 안테나 이득 즉, 32 dBi, 38 dBi 및 48 dBi에 대해서 현 RR의 pfd 마스크 (-115/-105)에 대한 분석을 수행하였다.

HIO 위성시스템이 -115/-105 마스크를 따를 경우, FS는 보호기준인 $I/N = -10\text{dB}$ 를 초과하는 간섭을 받게 되며, FS가 보호기준을 만족하기 위해서는 도래각이 5° 이하에서의 pfd 값이 적어도 10 dB 이상 강화될 필요가 있다. 본 연구는 I/N 의 시간 평균만을 고려하여 분석을 수행하였다. 하지만 비정지위성시스템이 시간에 따라 가변하는 간섭을 FS 시스템에 야기함을 고려하여 FS 시스템이 HIO 위성시스템으로부터 받는 간섭의 시간 분포에 대한 분석이 수행된다면, HIO 위성시스템에 적용할 수 있는 보다 합리적인 출력제한값이 도출될 수 있을 것으로 사료된다.

제 4 장 지구국 조정영역 결정방법 개선연구

제 1 절 개요

위성통신상에서 지구국의 RF(Radio Frequency) 시스템 및 통신링크설계에 대한 자료([17][18] 등)는 시중에서 쉽게 구할 수 있다. 이러한 자료들은 위성통신시스템 개발에 중점을 두어 설명하므로, 주파수 분배표상에서 지상업무(고정·이동업무)와 위성업무가 동등하게 1차 업무로 분배된 주파수 대역에서 일어날 수 있는 지상업무와 위성업무간(특히 지구국과 지상망간) 간섭문제를 자세를 다루지는 않는다.

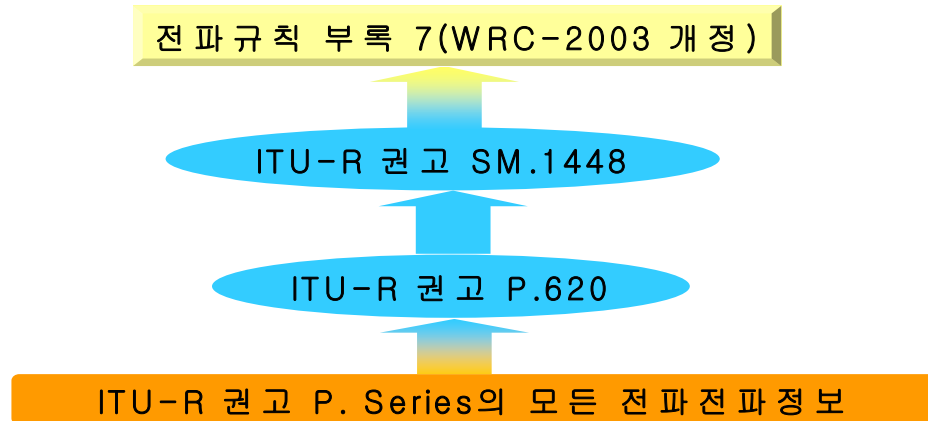
미국의 경우, 초기 INTELSAT의 위성통신에 쓰였던 C 대역을 지상망간 고정통신용에 같이 썼기 때문에 상호간 간섭을 피하기 위해 도시 외곽에서 가장 외딴 곳으로 지구국 설치장소를 고려한 것을 보면[17], 지구국과 지상망간 간섭문제를 해결하기 위한 주파수 조정은 국내적으로 중요하게 다루어야 할 사항이다.

지구국과 지상망간 공유를 위한 조정은 국내 주파수 공유문제 뿐만 아니라, 국제적으로도 지구국의 원활한 운용을 위해 인접국간 조정이 필요하므로, 이를 위한 절차가 ITU 전파규칙에 기술되어 있다. 조정완료 후 최종적으로 ITU에 국제등록을 함으로써 국제적으로 보호를 받을 수 있다.

이러한 과정에서 지구국 조정대상국가 선정이 이루어지는데, ITU 회원국은 전파규칙(Radio Regulations) 부록7(WRC-2003개정)[19]에 근거한 ITU-R 제공 소프트웨어 “R1448”를 이용하여 조정영역 내에 속한 국가를 선정한다. <그림 4.1>에서 보듯이 전파규칙 부록7(이하 부록 7)는 ITU-R SG3(전파전파연구반)에서 연구되어진 기존 권고 P. Series에 기반하여 만들어진 ITU-R 권고 P.620[20]과 이를 참고로 한 ITU-R 권고 SM.1448[21]를 밑바탕으로 하여 작성되었다. 이러한 부록 7의 알고리즘을 이용하여 R1448 소프트웨어가 제작된 것이다.

ITU-R은 결의 74(WRC-2003 개정)를 통해, 부록 7의 지구국 조정영역 결정방법에 있어 미비점들을 보완하도록 하는 연구를 계속 수행할 것을 권고하고 있는 바, 정확한 지구국 조정영역 결정을 위해 기존 계산 알고리즘 파악 및 개선 노력이 필요하다고 본다.

따라서, 본장에서는 현재 부록 7의 지구국 조정영역 계산에 적용된 전파전파모델과 최근 ITU-R SG3에서 논의된 연구결과에 따라 개정된 전파간섭계산 관련 전파전파모델을 비교 분석하였고, 조정영역 계산 알고리즘에서 영역 결정에 영향을 미치는 주요 변수에 대해서도 간략히 분석·정리해 보았다.



<그림 4.1> 지구국 조정영역 결정을 위한 주요 알고리즘 생성

제 2 절 조정영역 계산 관련 주요 전파전파모델 분석

부속서 7에서는 지구국 조정영역을 결정하기 위해 필요한 전파전파현상을 크게 2가지로 분류하였고 주파수별로 적용되는 전파전파모델 및 적용가능한 연평균시간율을 아래와 같이 정하였다.

- 전파 모드(1) : Clear-air 에서의 전파전파현상
 - 100 ~ 790 MHz 대역
 - : 전파모드(1) predicted path loss curves(연평균시간율 - 1~50%)
 - 790 MHz ~ 60 GHz 대역
 - : 대류권 산란, 덕팅, layer reflection/refraction(연평균시간율 - 0.001~50%)
 - 60 ~ 105 GHz 대역
 - : 자유공간 손실 및 대기중 가스에 의한 감쇠(연평균시간율 - 0.001~50%)
- 전파 모드(2) : 유속계 산란(hydrometeor scatter)
 - 1~40.5 GHz 대역에만 적용

: 주로 강우에 의한 산란현상(연평균시간율 - 0.001~10%)

본 절에서는 대기 중 가스에 의한 감쇠 모델과 유속계 산란 모델에 중점을 두어 분석하였고, 주로 부록 7에서 이용한 모델과 최근 개정된 관련 전파 전파 권고에서 이용한 모델을 비교하였다.

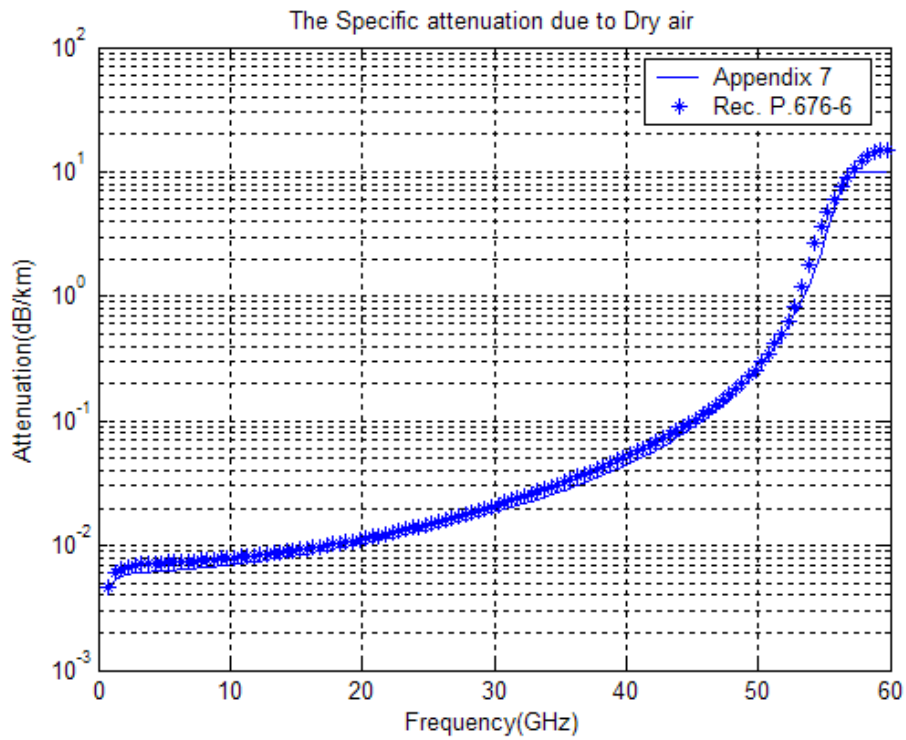
1. 전파모드(1)과 전파모드(2)에 적용되는 대기중 가스에 의한 감쇠모델

대기중 가스에 의한 감쇠모델은 전파모드(1)와 (2)에서 같이 적용되며 790MHz 이상 주파수 대역에서 고려된다. 대기중 가스에 의한 감쇠는 Dry air(주로 산소흡수)와 Water vapour(수증기)에 대한 2가지 영향으로 크게 나누어진다. 각각의 모델은 모두 주파수, 대기압(P , hPa), 대기온도(T , °C)에 따라 영향을 받게 되며 이외에도 수증기밀도(ρ , g/m³)는 수증기에 의한 영향에서 함께 고려된다[22].

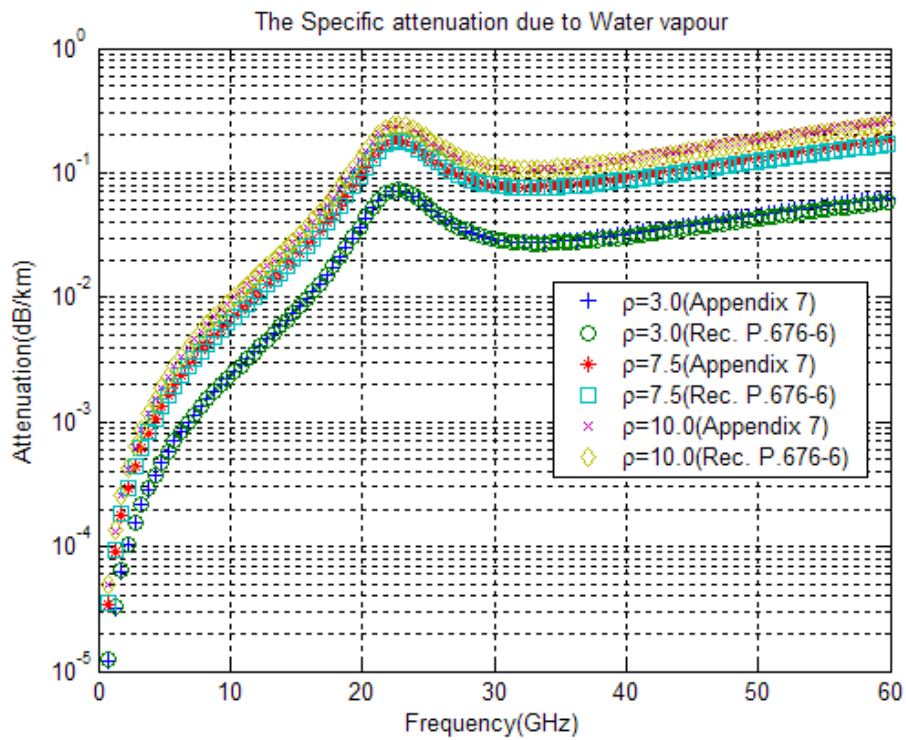
부록 7에서 쓰이는 대기중 가스에 의한 감쇠모델은 1992년에 개정된 ITU-R 권고 P.676[23]의 근사식을 인용하였다. 이중 Dry air에 의한 감쇠 모델은 대기압과 대기온도가 각각 $P=1013\text{hPa}$ 과 $T=15^\circ\text{C}$ 일 때 주파수에 대한 함수로 표현되었고, 수증기에 의한 감쇠 모델 역시 앞의 동일한 대기압과 대기온도에서 주파수와 수증기밀도(ρ)의 함수로 표현되었다. 한편 ITU-R 권고 P.676은 2005년에 재개정이 이루어졌는데[24], 비(比)감쇠치(the Specific attenuation, dB/km)에 대한 근사식 표현을 비롯하여 전체적으로 바뀌었다.

<그림4.2>는 부록 7와 최근 개정된 권고 P.676에서 각각 정의된 Dry air에 의한 감쇠모델을 비교한 것이다. 790 MHz~60 GHz 주파수 대역에서 예상되는 비감쇠치를 각각 비교하였는데 권고 P.676의 경우는 $P=1013\text{hPa}$ 과 $T=15^\circ\text{C}$ 를 일정하게 적용하였다. 두 모델을 비교하여 볼 때 790MHz~50 GHz 대역 사이 비감쇠치는 거의 차이가 나지 않고 있으며 50~60 GHz에서 만 1dB 미만의 근소한 차이를 보이고 있다.

현재 부록 7의 대류권 산란 전파전파 모델에 적용되는 수증기에 의한 감쇠치는 수증기 밀도(ρ)=3.0g/m³일 때 주파수에 따른 영향을 고려한다.



<그림 4.2> 부록 7 및 권고 P.676의 Dry air에 의한 비감쇠치 비교



<그림 4.3> 부록 7 및 권고 P.676의 수증기에 의한 비감쇠치 비교

또한 덕팅 전파전파 모델의 경우는 전파기후지역(본장 제 3 절의 1에서 설명)에 따라 수증기 밀도가 각각 $\rho=7.5\text{g/m}^3$ 와 10.0g/m^3 일 때를 일정하게 적용하여 주파수에 따른 영향을 보게 된다.

<그림4.3>는 부록 7과 권고 P.676에서 정의된 수증기에 의한 감쇠모델을 비교한 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 수증기 밀도가 3.0g/m^3 , 7.5g/m^3 와 10.0g/m^3 일 때 양쪽 모델에서 나온 비감쇠치 결과를 비교하였다. Dry air에 의한 감쇠모델과 같이 권고 P.676의 경우는 $P=1013\text{hPa}$ 과 $T=15^\circ\text{C}$ 가 적용되었다. 790 MHz~60 GHz 대역에서 부록 7과 최근 개정된 권고 P.676 모델 간에 수증기에 의한 비감쇠치는 거의 차이가 없음을 알 수 있다.

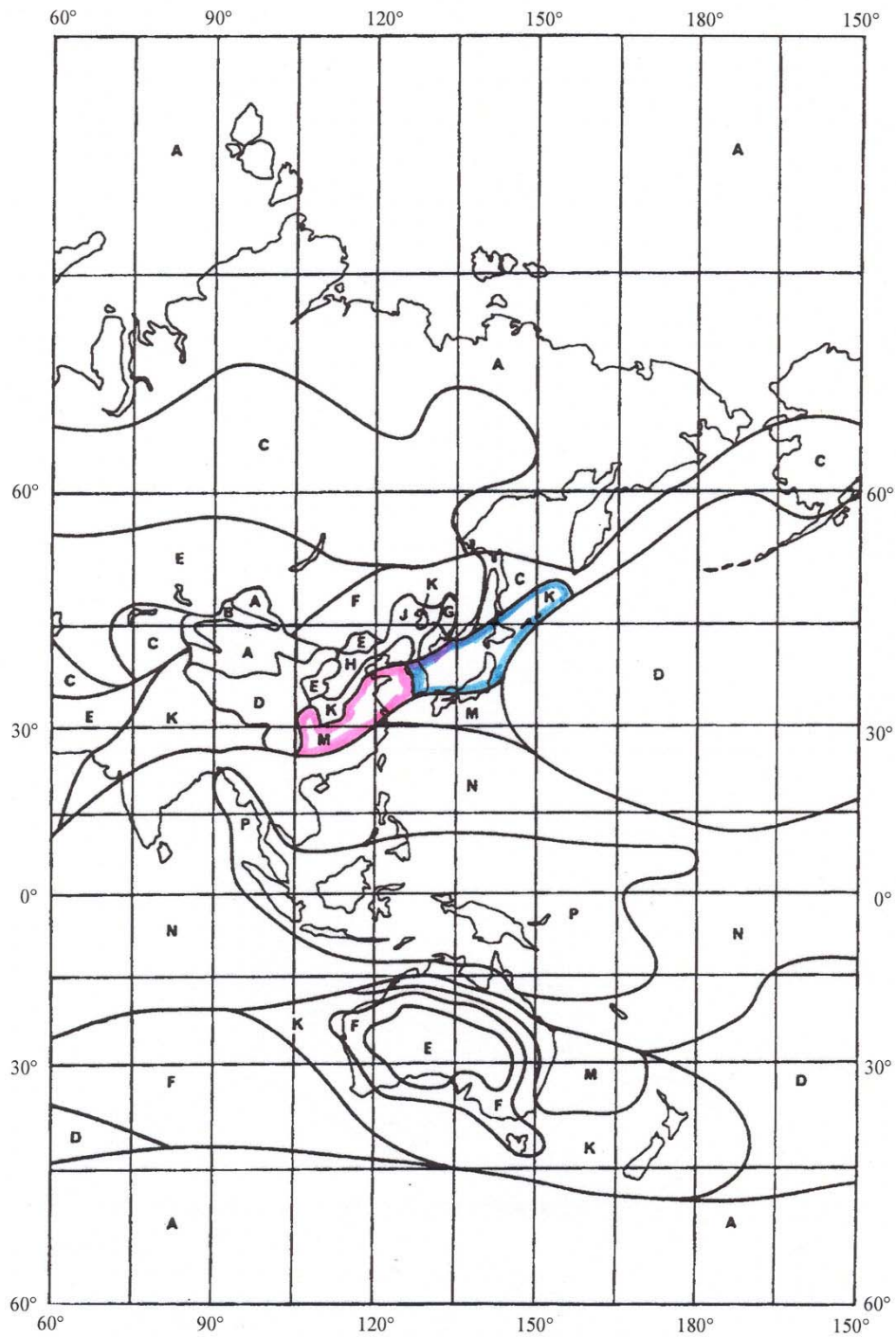
2. 전파모드(2) 유속계 산란 전파전파모델

전파모드(2) 유속계 산란 전파전파모델이 적용가능한 주파수 범위는 1~40.5 GHz이다. 전파모드(2)에서 조정영역을 결정할 때, 유속계 산란으로 인해 발생한 신호는 1GHz 미만 주파수 대역과 40.5GHz 초과 주파수 대역에서 무시될 수 있다. 왜냐하면, 대체적으로 1 GHz 이하 주파수 대역에서 산란된 신호 크기는 매우 낮고, 40.5 GHz 이상 주파수 대역에서는 상당한 양의 전파 산란이 발생되더라도 강우산란 Volume(또는 Cell)에서 수신 지상국·지구국까지 경로를 따라 크게 감쇠하기 때문이다[21].

강우산란을 주로 고려하는 유속계 산란 경로 손실은 주로 강우율($R(p)$, mm/h)의 함수로써, 손실계산이 유효한 연평균시간율(p) 범위는 0.001~10%이다. 이 경로손실에는 대기중 가스에 의한 감쇠도 포함된다.

전파모드(2)에서 일어나는 경로손실을 구하기 위해 먼저 강우율을 결정하여야 한다. 지구국이 위치한 지점의 주어진 강우율 데이터를 이용하는 것이 타당하다고 할 수 있으나, 통계데이터가 없을 경우, 좀더 정확한 강우율 통계치를 얻기 위해 주어진 연시간율에 따른 강우율을 도시한 맵(Map)을 참고할 수 있다[25].

그러나, ITU 권고 SM.1448과 전파규칙 부록 7에서는 전세계를 각기 다른 강우량을 가진 15개의 강우기후지역(Rain Climatic Zone)으로 나누어 각 지역에 따른 강우율을 연시간율에 따른 함수로 표현하였다. 강우기후지역은 5개 그룹(A·B/C·D·E/F·G·H·J·K/L·M/N·P·Q)으로 나누어져 각



<그림 4.4> 우리나라에 적용되는 강우기후지역

그룹별로 다른 강우율 함수식을 이용한다. 특히 우리나라는 <그림4.4>에서 보듯이 강우기후지역 K(서해안)와 M(육지 및 동해안)에 걸쳐져 있다. 강우기후지역 K와 M의 연평균시간율에 따른 강우율은 제 3 절 2을 참고하기 바란다.

가. 새로운 강우 비(比)감쇠치 모델에 적용에 따른 경로손실 변화

주어진 지구국 위치의 강우율이 정해지면 강우율에 따른 비감쇠치(γ_R , the Specific rain attenuation, dB/km, (식4.1))를 구해야 한다. 현재 부록 7에서는 이 비감쇠치를 주파수에 따라 변하는 계수 k , a 으로부터 구하고 있는데 수직편파에 대한 이들 계수를 이용하고 있다. 보다 정확한 강우 비감쇠치는 최근 개정된 권고 P.838[26]에서 구할 수 있다.

$$\gamma_R = kR(p)^\alpha \quad (4.1)$$

부록 7의 k , a 계수들과 최근 개정된 권고 P.838에서 구한 이들 계수 값은 <표4.1>과 같이 차이를 보이고 있다 .

<표 4.1> 주파수에 따른 되는 k & a (수직편파만 적용)

주파수 (GHz)	k		a	
	RR 부속서 7	권고 P.838-3	RR 부속서 7	권고 P.838-3
1	0.0000352	0.0000308	0.880	0.8592
4	0.000591	0.0002461	1.075	1.2476
6	0.00155	0.0004878	1.265	1.5728
8	0.00395	0.003450	1.31	1.3797
10	0.00887	0.01129	1.264	1.2156
12	0.0168	0.02455	1.20	1.1216
14	0.029	0.04126	1.15	1.0646
18	0.055	0.07708	1.09	1.0025
20	0.0691	0.09611	1.065	0.9847
22.4	0.090	0.1215	1.05	0.9672
25	0.113	0.1533	1.03	0.9491
28	0.150	0.1964	1.01	0.9277
30	0.167	0.2291	1.00	0.9129
35	0.223	0.3224	0.963	0.8761
40	0.310	0.4274	0.929	0.8421
40.5	0.318	0.4383	0.926	0.8389

<그림 4.5>는 강우율($R(p)$)이 1mm/h이라고 가정할 때, 부록 7의 계수 k , a 과 최근 개정된 권고 P.838의 계수를 이용하여 각 강우 비감쇠치를 구하여 비교한 것이다. 적용되는 k , a 계수의 차이로 인해 주파수에 따른 두 강우 비감쇠치간에 근소한 차이가 있음을 알 수 있다.

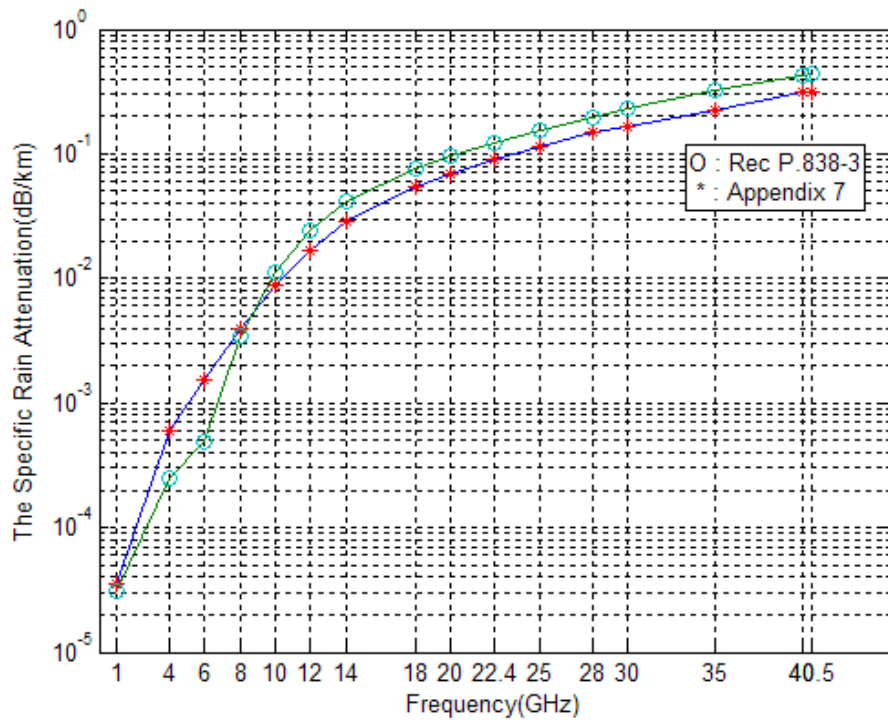
<그림 4.6>에서는 <그림 4.5>에서 구한 2가지 강우 비감쇠치를 부록 7의 유속계 산란 경로 손실 계산 알고리즘에 적용하여 구한 경로 손실값을 비교하였다. 지구국이 위치한 위도(Latitude)는 37.5°, 경로길이(Path Length)는 150km이고, 전파모드(2)의 경로손실에서 고려되는 안테나 이득은 0 dB로 가정하였다. 이러한 가정은 아래의 다른 강우율을 적용한 비교분석에서도 똑같이 반영되었다. 비교결과를 보면, 1~22.4 GHz 대역 사이 유속계 산란 경로 손실값에 차이를 보이지 않으나 22.4 GHz 이상 대역에서는 현저한 차이를 보였다.

<그림 4.7>는 강우율($R(p)$)=10mm/h일 때, 부록 7의 계수 k , a 과 최근 개정된 권고 P.838의 계수를 이용하여 각각의 경우에 대한 강우 비감쇠치를 구하여 비교한 것이다. 앞선 경우와 마찬가지로, 적용되는 k , a 계수의 차이로 인해 주파수에 따른 각 강우 비감쇠치간에 근소한 차이가 있으나, 강우율=1mm/h일 때와 비교해 강우 비감쇠치간 차이는 줄어졌음을 알 수 있다.

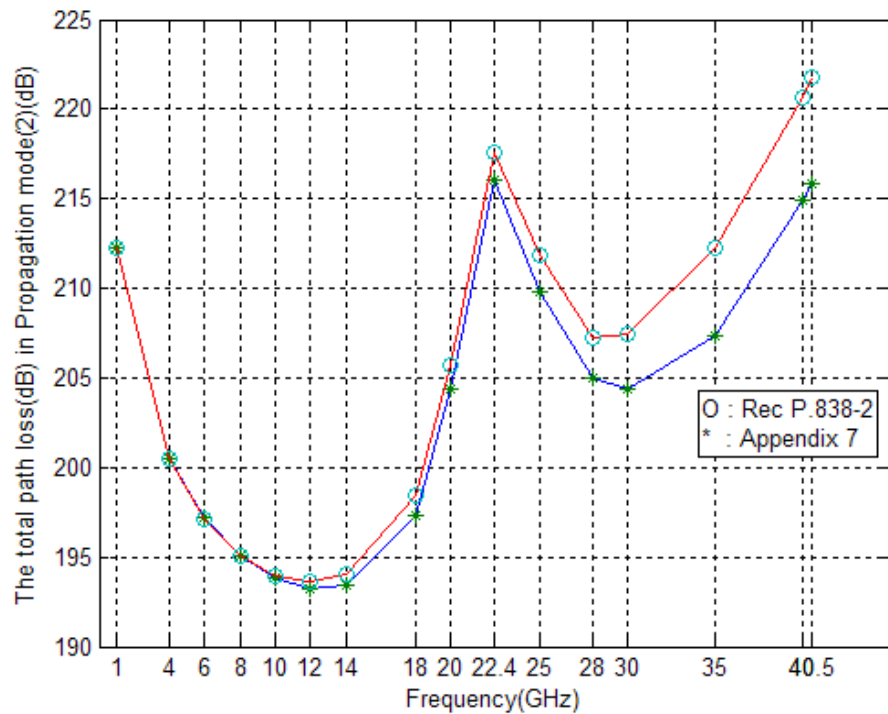
<그림 4.8>에서는 <그림 4.7>의 2가지 강우 비감쇠치를 부록 7의 유속계 산란 경로 손실 계산 알고리즘에 적용하여 구한 경로손실값을 비교하였다. <그림 4.6>와 같이 1~22.4 GHz 대역 사이 유속계 산란 경로 손실값에서는 차이가 없으나 22.4 GHz 이상 대역에서는 현저한 차이를 보였다. 강우율=1mm/h일 때와 비교해 경로손실값간 차이는 다소 줄어졌음을 알 수 있다.

<그림 4.9>는 강우율($R(p)$)=50mm/h일 때, 부록 7의 계수 k , a 과 최근 개정된 권고 P.838의 계수를 이용하여 각각의 경우에 대한 강우 비감쇠치를 구하여 비교한 것이다. 앞선 경우들과 달리, 적용되는 k , a 계수의 차이로 인해 발생했던 2가지 강우 비감쇠치간에 차이가 없었다.

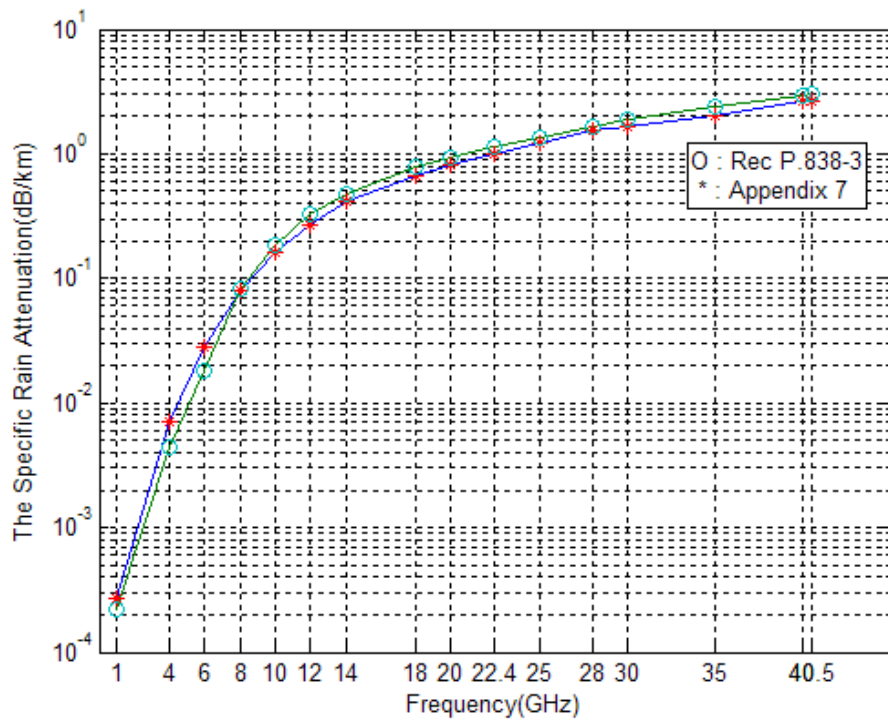
<그림 4.10>는 <그림 4.9>에서 나온 강우 비감쇠치를 부록 7의 유속계 산란 경로 손실 계산 알고리즘에 적용하여 구한 경로 손실값을 비교한 것이다. 앞선 경우들과 달리 비교된 전체 주파수 대역에서 유속계 산란 경로 손실값의 차이가 없음을 볼 수 있다.



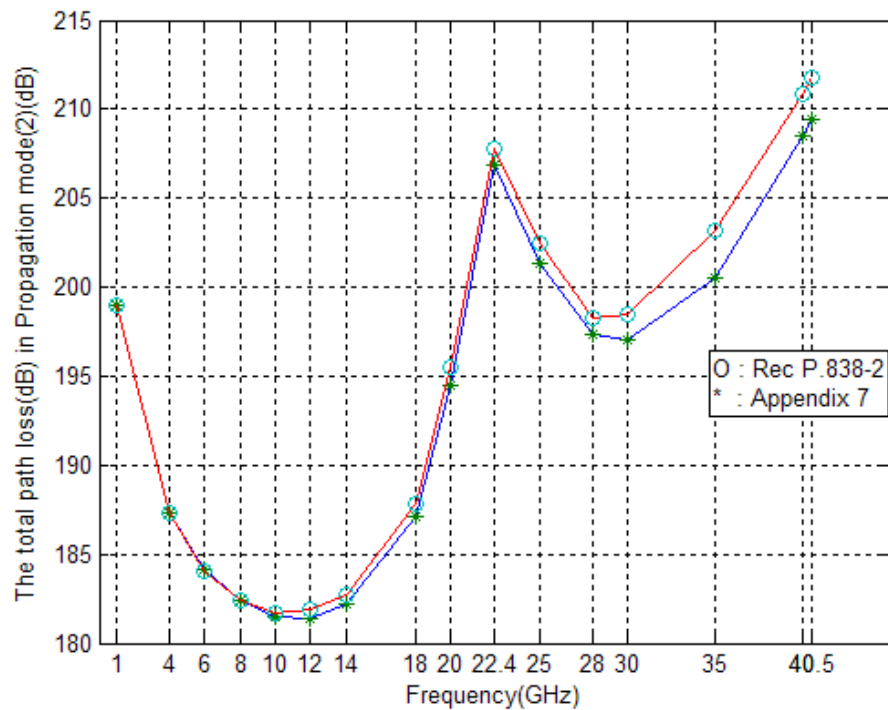
<그림 4.5> 부록 7과 권고 P.838의 k, a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=1\text{mm/h}$)



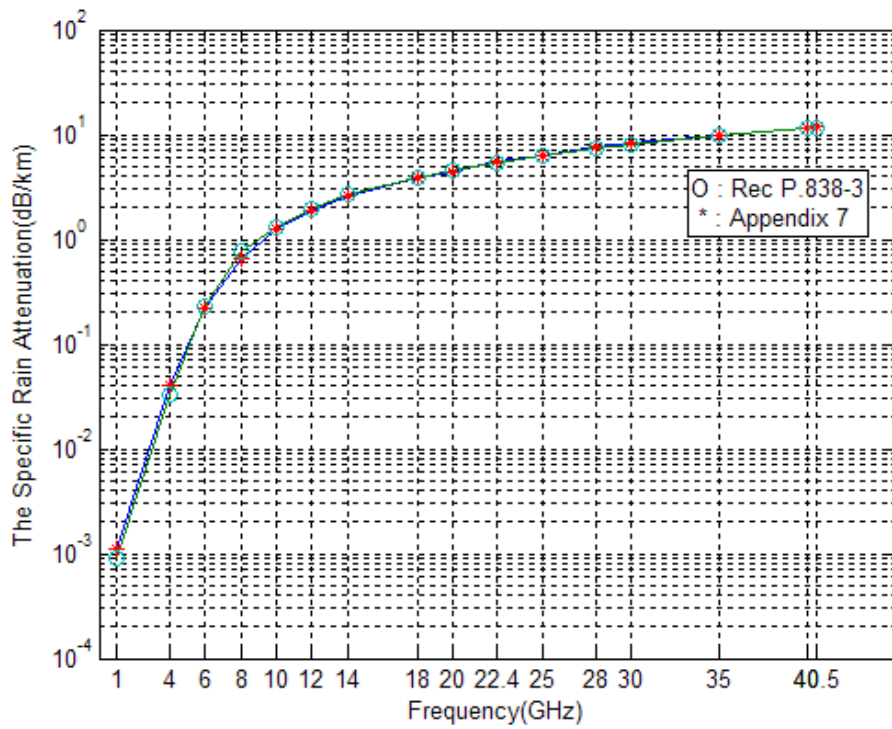
<그림 4.6> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로 손실비교($R_p=1\text{mm/h}$)
(기존 부록 7과 권고 P.838의 $k&a$ 적용)



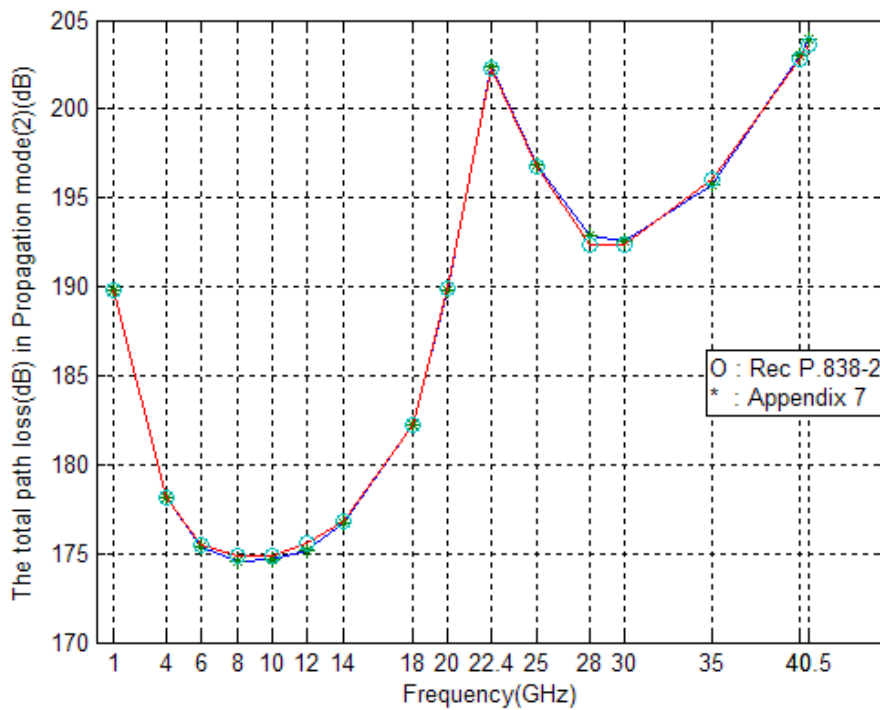
<그림 4.7> 부록 7과 권고 P.838의 k, a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=10\text{mm/h}$)



<그림 4.8> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로 손실비교($R_p=10\text{mm/h}$)
(기존 부록 7과 권고 P.838의 $k&a$ 적용)



<그림 4.9> 부록 7과 권고 P.838의 k, a 를 이용한 강우 비감쇠치(γ_R) 비교 ($R_p=50\text{mm/h}$)



<그림 4.10> 부록 7의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교($R_p=50\text{mm/h}$)
(기존 부록 7과 권고 P.838의 $k \& a$ 적용)

나. 지구국 양각의 변화에 따른 경로손실 변화

개요에서 밝혔듯이, 부록 7은 ITU-R 권고 P.620을 근간으로 만들어졌다. 현재 이 권고 P.620은 2003년과 2005년에 개정이 이루어졌는데, 2003년 개정에서는 기존 권고에 나오는 전파모드 (2)의 강우산란 전파전파 경로손실에 대한 부분이 대폭 수정되었다.

기존 P.620과 부록 7에서는 지구국 양각(Elevation angle)에 따른 영향이 고려되지 않았으나, 새로이 수정된 모델에서 지구국 양각이 간섭경로손실평가에 영향을 주는 주요 변수가 되었다. 또한, 부록 7에서 모두 수식으로 정의되었던 주요 전파기후 입력데이터는 각기 ITU-R 권고에 나와 있는 값을 이용하도록 하였다. 강우율은 권고 P.837[25], 강우고도는 권고 P.839[27], 지표면 수증기 밀도는 권고 P.836[28]로부터 각각의 데이터를 구하도록 하였고, 강우율에 따른 비감쇠치는 최근 개정된 P.838[26]의 데이터를 이용하게 하였다. 단, 이때 권고 P.838의 비감쇠치는 수직편파에 대한 경우만을 고려한다.

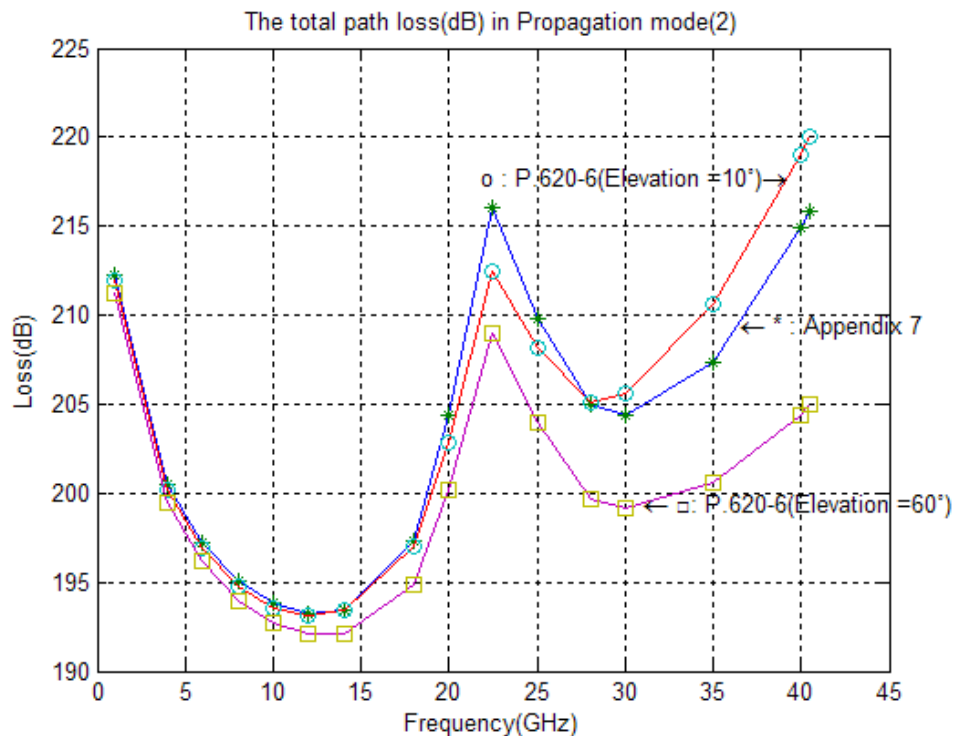
이에 모델간의 차이를 보기 위해, 새로 개정된 권고 P.620에서 정의한 강우산란에 의한 경로손실과 부록 7의 기존 모델에 따른 강우산란 경로 손실을 비교해 보았다. 새로운 강우산란 경로손실 모델은 지구국 양각의 영향을 고려하므로, 양각값은 10°와 60°의 두 가지 경우에 대해 고정되었다. 강우율은 해당지역의 연평균 시간율에 따른 값이 존재하나, 계산 알고리즘에서는 시간율 자체값이 영향을 미치지 아니하므로 계산상 편의를 위해 임의로 1, 10, 50mm/h를 각각 적용하였다.

<표 4.2> 경기 양평지역의 주요 전파기후 정보

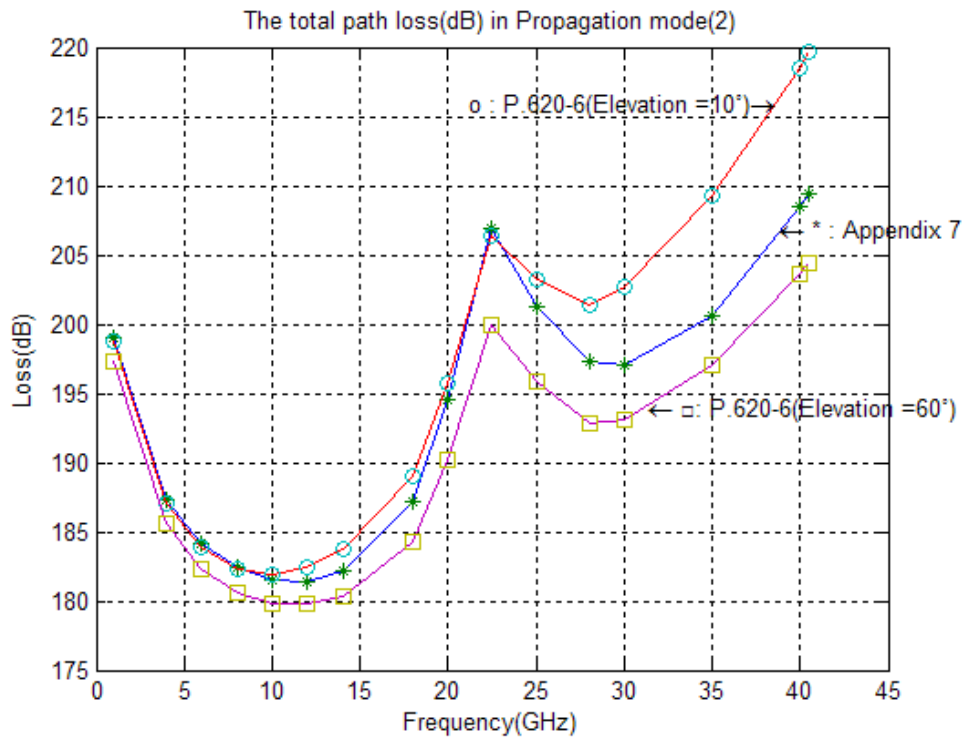
변수	값
좌표	37.5°N, 127.5°E
강우고도	4.052 km
지표면 수증기밀도 (연평균 시간율=50%)	6.2209 g/m ³
적용된 경로 길이	150 km
지구국 양각	10°, 60°
강우율 (연평균시간율과 무관하게 가정)	1, 10, 50 mm/h

본장 제 2 절에서 설명한 바와 같이, 전파모드 (2)에서 강우산란에는 대기 중 가스에 의한 감쇠값도 포함된다. 이중에서 Dry air에 의한 감쇠는 부록 7 과 최근 개정된 권고 P.620 모두 같은 모델을 사용한다. 단, 수증기에 의한 감쇠계산은 모두 같은 모델을 이용하나, 부록 7은 지역에 상관없이 일정한 수증기 밀도값 7.5g/m^3 를 적용하고 개정 권고 P.620은 지역에 따른 수증기 밀도값을 적용한다. <표4.2>는 경로손실 비교를 위해 입력된 우리나라 경기 양평지역의 전파기후 정보 및 그 외에 변화하는 변수값을 정리한 것이다. 사실상 전파모드(2)에서 조정영역 결정을 위해 지상망 안테나 이득이 고려되나 여기에서는 생략한다.

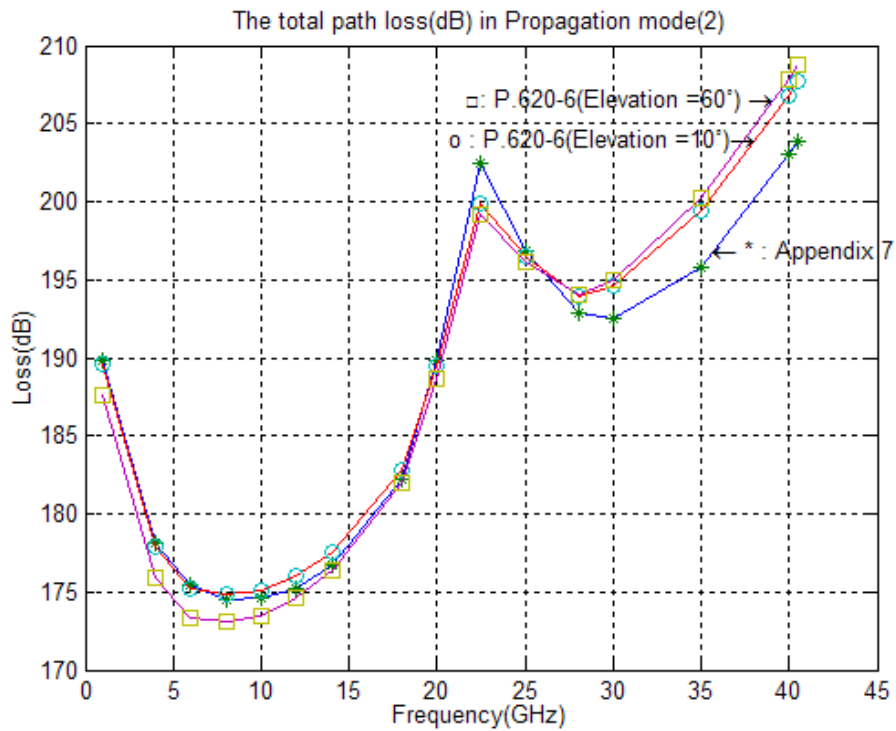
<그림4.11>는 강우율이 1mm/h 로 가정하였을 때 $1\sim 40.5\text{ GHz}$ 대역 전파 모드(2)에서 일어나는 경로손실을 비교한 것이다. 부록 7은 지구곡 양각의 영향을 받지 않으므로 두 모델간의 손실값의 단순 비교는 어려울 수 있다고 본다. 하지만, 개정 권고 P.620 모델을 적용·비교한 바와 같이 지구곡의 양각에 따라 경로 손실값에 많은 차이가 날 수 있으며, 특히 5GHz 이상의 주파수 대역에서는 그 차이가 나고 있음을 볼 수 있다. 부록 7과 같이 지구곡 양각을 고려하지 않는 모델은 계산 알고리즘의 개연성이 충분하지 않으므로 계산



<그림 4.11> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한 경로손실비교($R_p=1\text{mm/h}$)



<그림 4.12> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한
경로손실비교($R_p=10\text{mm/h}$)



<그림 4.13> 부록 7과 권고 P.620의 유속계 산란모델에 의한
경로손실비교($R_p=50\text{mm/h}$)

결과의 정확성이 떨어진다고 볼 수 있다고 본다. 그 외에도 지역에 따른 전파 기후 정보를 이용 유무에 따른 영향도 무시할 수 없을 것이다.

<그림4.12>와 <그림4.13>은 강우율을 각각 10mm/h와 50mm/h로 가정하였을 때 1~40.5 GHz 대역 전파모드(2)에서 일어나는 경로손실을 비교한 것이다. <그림4.12>의 결과는 <그림 4.11>과 같은 양상을 띠고 있으나, <그림 4.13>에서 보듯이 높은 강우율에서 지구국 양각에 따른 경로손실에 뚜렷한 차이를 나지 않음을 볼 수 있다. 강우율이 높을 경우 지구국 양각은 경로손실에 덜 영향을 미침을 유추할 수 있다. 높은 강우율에서도 부록 7과 개정 권고 P.620 모델간 경로손실은 차이를 보이고 있다.

제 3 절 조정영역결정 알고리즘에 영향을 미치는 주요 변수 분석

1. 전파모드(1) 조정영역결정에 영향을 미치는 파라미터

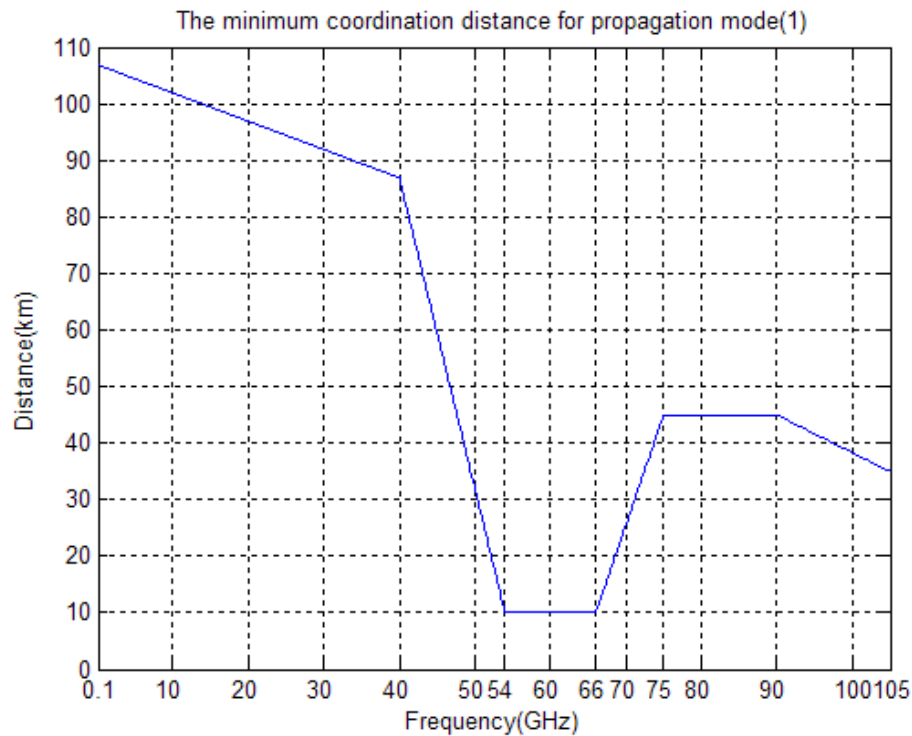
가. 전파기후(Radio-climatic) 정보

전파모드(1) 조정영역결정에 영향을 미치는 대표적인 전파기후 정보에는 2가지가 있다. 하나는 앞서 제2장에서 열거한 Clear-air의 이상(anomalous) 전파전파현상이 존재할 수 있는 시간율(β_e)로서 지구국 위도에 따라 변화한다. 또다른 하나는 전파경로상의 해수면 기준 표면 굴절율(N_o)로서 790 MHz ~ 60 GHz 대역 대류권 산란 손실계산에 이용되며 지구국 위도에 따라 달라진다. 수식에 대한 자세한 정의는 부록 7(또는 권고 SM.1448)과 P.620을 참고하기 바란다.

나. 전파모드 (1)의 최소 조정거리

전파모드(1)의 조정영역계산 알고리즘에서 경로손실 계산이 시작되는 경로길이인 최소 조정거리(d_{min1})는 주파수 대역별로 다른 값을 가진다. <그림 4.14>는 위도를 37.5°로 가정하였을 때 100 MHz~105 GHz 주파수 대역별 전파모드(1) 최소 조정거리를 나타낸 것이다. 주파수 대역이 54~66 GHz, 75~90 GHz 에서는 각각 일정한 최소조정거리를 가지고 그 외 나머지 대역

에서는 주파수에 따라 달라진다.



<그림 4.14> 전파모드(1)에서 주파수에 따른 최소 조정거리(위도= 37.5°)

다. 전파모드(1)의 최대 조정거리

최소조정거리부터 증가된 임의의 조정거리에서 경로손실이 주어진 시스템이 필요로 하는 최소경로손실보다 크거나 같을 경우 그 조정거리는 임의의 방위각에 대한 조정거리로 결정된다. 하지만, 전파모드(1) 조정영역계산 알고리즘에서는 최소경로손실보다 크거나 같을 때까지 알고리즘을 계속 실행하는 것이 아니라 일정한 최대 조정거리(d_{max1} , km)를 전파기후 지역과 주파수 대역에 따라 한정하고 있다.

<표 4.3> 단일 전파기후지역에서 60 GHz 이하일 경우
전파모드 (1) 최대조정거리

전파기후 지역	전파모드 (1) 최대조정거리(d_{max1} , km)
A1	500
A2	375
B	900
C	1200

전파기후지역은 4개 지역으로 나누어지는데, A1 지역은 해안지역 및 근접지역, A2 지역은 A1 지역에 정의한 해안지역을 제외한 모든 육지지역, B 지역은 찬 바다, 대양, 위도 30도 이상에 위치한 내륙의 대용량 하천(지중해, 흑해 제외), 마지막으로 C 지역은 따뜻한 바다, 대양, 위도 30도 이하에 위치한 내륙의 대용량 하천(지중해, 흑해 포함)을 일컫는다.

<표 4.3>는 앞에 설명한 전파기후지역에 따라 60GHz 대역 이하 전파모드(1) 조정거리를 분류한 것이다. 60 GHz를 초과할 경우는 식(4.2)와 같이 주어진 연시간율(p)에 의해 정해진다.

$$d_{m1} = 80 - 10l\left(\frac{p}{50}\right) \quad (4.2)$$

라. 기타 고려사항

전파모드 (1)에서 조정영역을 결정하는 알고리즘은 간섭 시스템 변수(부록 7의 표14~16 참조)와 간섭경로 등 모두에 대해 최악의 경우를 동시에 가정하나, 이러한 최악의 조건이 실제로 항상 동시에 발생하지 않음을 고려해야 하므로 예상경로손실 계산시 보정계수를 도입하였다. 이 보정계수는 100MHz~60 GHz 대역에서 적용된다.

전파모드 (1)의 790 MHz ~ 60 GHz 대역 덕팅과 대류권 산란 영향 평가에 사용되는 사이트 차폐(Site Shielding) 효과를 구하기 위해 지구국 주위의 지평선(Skyline) 특성이 고려된다. 영향을 미치는 주요 변수에는 수평선

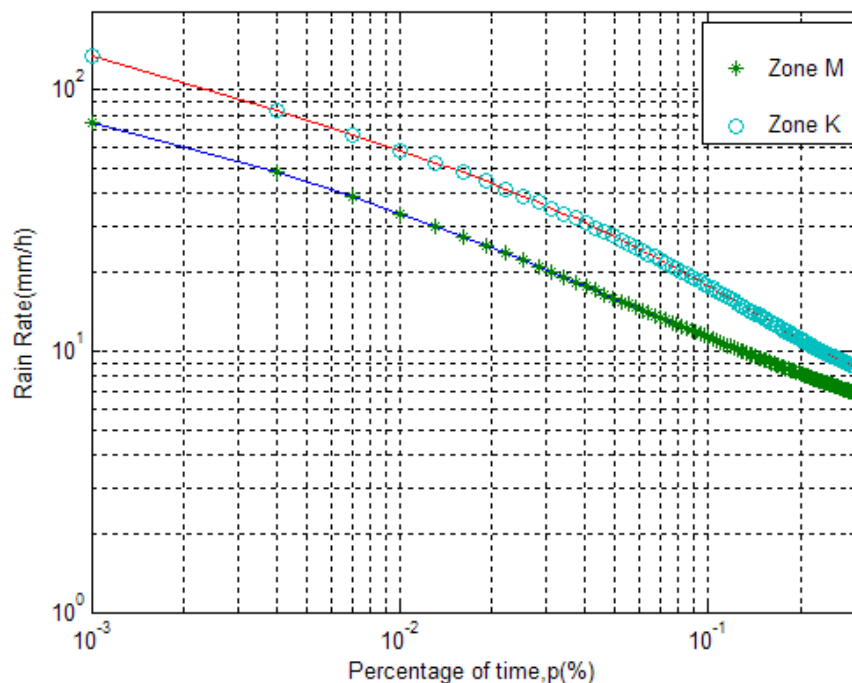
거리(Horizontal distance)와 수평선 양각(Horizontal Elevation)이 있다.

2. 전파모드(2) 조정영역결정에 영향을 미치는 파라미터

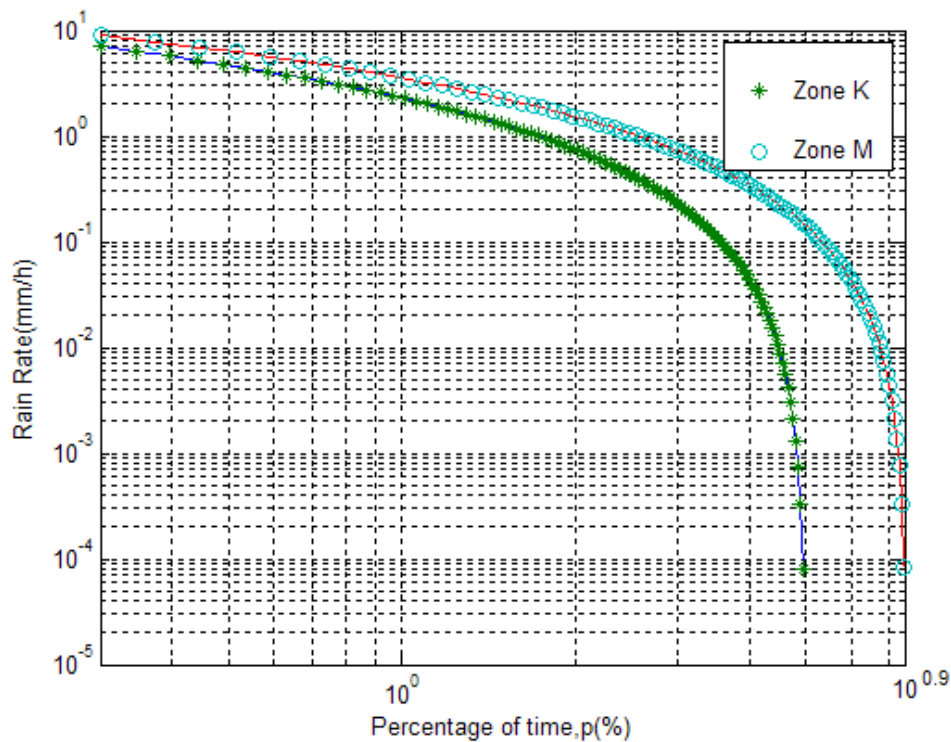
가. 강우강도(또는 강우율, Rain Intensity) 정보

본장 제 2 절에서 간략히 설명한 강우지역별 강우율 특성은 전파모드 (2)의 유속계 산란 경로손실에 주로 영향을 준다. 부록 7에서는 각 강우지역 (Rain Zone)에서 주어진 연시간율(p , 범위 : 0.001~10 %)에 따른 강우강도 근사식을 이용한다. <그림 4.15>와 <그림 4.16>에서는 우리나라에 걸친 강우지역(M & K) 각각에 대해 연시간율에 따른 강우율을 표시하였다. <그림 4.16>에서 보다시피 M 지역은 연시간율 7.5%이상, K 지역은 연시간율 5.0% 이상에서 강우율이 거의 '0'로 가까워지는 것으로 가정됨을 알 수 있다.

현재 부록 7은 강우지역별 강우강도 근사식을 이용하고 있지만 개정된 권고 P.620은 권고 P.837에서 강우율을 구하도록 하고 있음을 주지하여야 한다.



<그림 4.15> 우리나라에 적용하는 강우율($0.001\% < p < 0.3\%$)



<그림 4.16> 우리나라에 적용하는 강우율($p \geq 0.3\%$)

나. 전파모드(2) 최소 조정거리

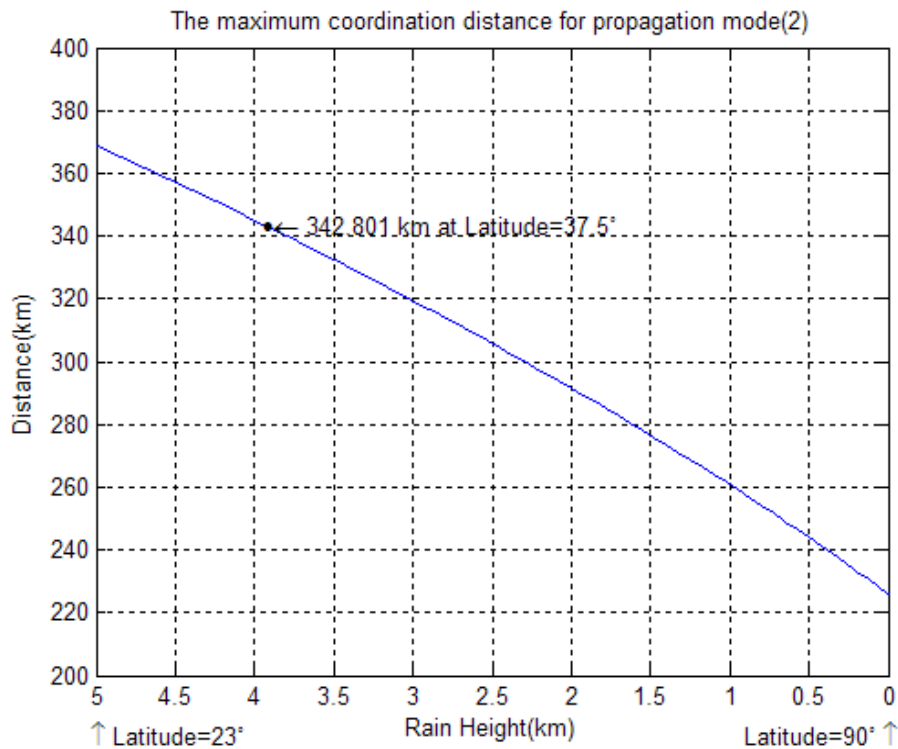
현재 부록 7은 전파모드 (1)의 최소 조정거리(d_{min1})를 전파모드(2) 최소 조정거리(d_{min2} , km)에 같이 적용하고 있다. 그러나, 새로이 개정된 권고 P.620에서는 전파모드(2)의 최소조정거리(d_{min2})는 주파수와 상관없이 55km로 한정하고 있다.

다. 전파모드 (2) 최대 조정거리

현재 부록 7에서 전파모드 (2)의 최대 조정거리(d_{max2} , km)는 평균 해수면 기준 강우높이(h_R , km)에 따라 정의된다(식4.3). 이때 강우높이는 지구국이 위치한 위도에 따라 변화하는데 위도별 근사식을 이용하게 된다.

$$d_{max2} = \sqrt{17000(h_R + 3)} \quad (4.3)$$

<그림4.17>은 식(4.3)에 의거, 강우높이에 따른 전파모드(2)의 최대 조정거리는 나타낸 것이다. 여기서 각 강우높이는 위도 23°~90°사이 각 위도와 대응되는 값이라는 것을 유념해야 한다. 위도 37.5°에서는 강우높이는 3.9125 km이고 그에 따른 전파모드 (2) 최대 조정거리는 342.801 km를 가진다. 개정 권고 P.620에서는 강우율과 유사하게 강우높이 또한 권고 P.839의 평균 강우높이 값을 참조하도록 하고 있다.



<그림 4.17> 전파모드(2)에서 강우높이(h_R)에 따른 최대 조정거리(부록 7 기준, 북반구 지역)

<표 4.4> 위도별 전파모드 최대조정거리(ITU-R 권고 P.620 기준)

위도(°)	0-30	30-40	40-50	50-60	>60
조정거리(km)	350	360	340	310	280

하지만, 권고 P.620에서는 전파모드 (2) 최대 조정거리를 북반구와 남반구에 상관없이 위도별 지역에 따라 아래 <표 4.4>와 같이 정의하였다.

제 4 절 맺음말

본 연구에서는 대기중 가스에 의한 감쇠 모델 및 강우산란을 주로 고려하는 유속계 산란 경로손실 비교분석에 중점을 두었다. 또한 조정영역 계산 알고리즘에 영향을 미치는 주요 변수에 대해서도 간략히 분석·정리해 보았다.

먼저 현재 부록 7에서 적용되는 대기 중 가스에 의한 감쇠 모델과 최근 개정된 관련 ITU-R 권고 P.676 모델을 비교해 본 결과, 두 모델로부터 나온 감쇠값 차이는 거의 없었다. 따라서 기존에 지구국 조정영역 계산에 적용되는 대기 중 가스에 의한 감쇠 모델은 그대로 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

유속계 산란에 의한 경로손실의 경우, 현재 부록 7의 경로손실과 최근 개정된 ITU-R 권고 P.620을 중심으로 한 관련 전파전파 권고들을 이용하여 구한 경로손실을 비교해 보았다. 계산 알고리즘상에 있어 두 모델간 차이를 분석해 보면, 권고 P.620 모델은 지구국 양각에 따른 경로손실 계산 알고리즘을 적용하고 있고, 지구국이 위치한 지점의 전파기후 정보를 이용하도록 하고 있는 반면, 부록 7은 지구국 양각의 영향을 고려하지 않으며 전파기후 정보는 근사식에 의해 구한 것을 적용하도록 하고 있다. 이러한 차이로 인해, 사실상 두 모델로부터 나온 경로 손실값에 대한 단순비교는 어렵지만, 주파수 대역별로 경로 손실값에 있어서는 커다란 차이를 보였다. 사실상 지구국의 양각과 지구국이 위치한 전파기후 정보를 이용하는 계산 알고리즘이 좀더 논리적으로 전개되는 되므로, 좀더 정확한 경로 손실값을 구할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서, 현재 부록 7의 지구국 조정영역 결정 중 유속계 산란 경로손실 계산부분에 대해 지구국 양각의 영향과 정확한 전파기후 정보를 적용하도록 하는 알고리즘 개선이 있어야 할 것이다.

전파모드 (2)의 최소·최대 조정거리 등을 비롯한 조정영역 계산 알고리즘에 영향을 미치는 주요변수에 대해서도 부록 7과 개정된 권고 P.620은 서로 다른 변수값을 가지고 있음을 확인하였다. 이러한 사항도 조정영역 알고리즘 수정시에 고려되어야 할 것이다.

제 5 장 우리나라 위성망과 지상망 보호

본 장에서는 우리나라 위성망의 확보 및 보호를 위해 전 세계적으로 치열하게 전개되고 있는 국제등록 추진내용을 고찰하고, 우리나라 위성망과 지상망 보호를 위해 전파연구소에서 자체적으로 개발하여 운용 중에 있는 TOOL의 내용을 정리하였으며, 2005년도에 우리나라에서 국제등록을 추진 중에 있는 위성망에 대한 내용에 대하여 고찰해 보고자 한다.

제 1 절 위성망 국제등록 추진내용 고찰

기술발전 추세를 반영하고 유용 가능한 전파자원을 효율적으로 이용하기 위한 노력이 추진되고 있는 가운데 선진국을 중심으로 신규 서비스도입을 위해 자국의 전파자원을 확보하기 위한 노력이 치열하게 전개되고 있는 상황이다.

1. 최근 위성망 국제등록 신청현황

세계 각국의 위성전파자원 확보를 위한 위성망 국제등록신청에 따른 공표현황을 알아보면 <표 5.1>과 같다.

<표 5.1> 최근 5년간 전 세계 위성망 국제등록 현황

연 도	정지궤도위성		소계	비정지궤도위성		소계	방송 위성	고정 위성	총계
	사전공표	조정공표		사전공표	조정공표				
2001	861	716	1577	60	0	60	815	0	2452
2002	511	736	1247	70	18	88	274	7	1616
2003	1145	869	2014	78	24	102	162	7	2285
2004	750	535	1285	90	20	110	220	8	1623
2005	1538	796	2334	107	14	121	253	18	2726

※ 자료출처 : IFIC 자료로부터 추출

전반적으로 계획된 자원(Planned resource)에 비하여 비계획된 자원(Non Planned resource)의 확보를 위한 국제등록 신청이 대부분을 차지하고 있으며, 비계획된 자원 중에서도 비정지궤도 위성망에 비하여 정지궤도 위성망에

대한 신청이 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 연평균 위성망 국제등록 신청 수는 2,140여개 위성망이 신청되고 있으며, 국제등록 공표내용 중 상당 부분이 운영 또는 계획 중인 위성망 제원의 변경 및 추가내용인 것을 감안 하더라도 세계 각 국에서 상당히 많은 수의 위성망에 대한 등록을 추진하고 있는 것을 알 수 있다.

특이한 사항은 계획된 자원의 확보는 이제까지 세계적으로 관심이 덜 하였으나, 방송위성계획의 **List**와 고정위성업무의 **추가사용** 등을 위한 국제 등록신청이 점차적으로 증대되고 있음을 알 수 있다.

2. 국가별 위성망 국제등록 현황

비정지궤도 위성망의 국제등록 현황을 알아보면 <표 5.2>와 같다. 미국, 프랑스, 일본, 러시아, 캐나다 등 일부 선진국 등에 의해 한정된 위성궤도 및 주파수가 점유되고 있는 상황임을 알 수 있다.

<표 5.2> 전 세계 비정지궤도 위성망 국제등록 현황

adm	A	C	N	Total	adm	A	C	N	Total
USA	135	27	139	301	UKR	4			4
F	63	4	39	106	LBY	3			3
J	43	4	22	69	ARS	2			2
RUS	15	5	11	31	MRC	2			2
CAN	14	2	10	26	PAK	1		1	2
IND	9		11	20	AFS	1			1
LUX	6	6	4	16	BEL	1			1
D	13	1	1	15	BLR	1			1
I	9	2	4	15	CHL	1			1
CHN	10		3	13	CZE	1			1
MLA	4	1	7	12	DNK	1			1
URS			12	12	EGY	1			1
ARG	8	1	2	11	INS	1			1
KOR	6	1	4	11	MEX	1			1
AUS	5	3		8	PNG	1			1
B	4		3	7	POR			1	1
G	4	2	1	7	SNG	1			1
S	4		3	7	THA	1			1
ISR	3	2	1	6	TON	1			1
E	2	1	1	4	TUR	1			1
IRN	3		1	4					

※ SRS 및 IFIC 자료로부터 추출하였으며, 국제등록명칭에 따라 공표단계별로 산출되었고, DDI 미제출 등으로 인한 ITU의 국제등록 데이터 현행화가 지연된 상황임

아울러, 국가별 정지궤도위성망의 국제등록 현황을 알아보면 <표 5.3>와 같다. 비정지궤도 위성망과 같이 미국, 프랑스, 러시아, 중국, 일본 등 일부 선진국 등에 의해 한정된 위성궤도 및 주파수가 점유되고 있는 상황임을 알 수 있다.

<표 5.3> 전 세계 정지궤도 위성망 국제등록 현황

adm	A	C	N	Total	adm	A	C	N	Total
USA	689	623	159	1471	VTN	14	9	1	24
F	582	272	35	889	ARG	13	7	1	21
RUS	137	124	112	373	ISR	13	5	2	20
CHN	163	120	18	301	S	11	6	2	19
J	139	128	16	283	CLM	12	5		17
G	131	105	16	252	BEL	7	6	2	15
LUX	134	54	3	191	SEY	6	6	2	14
AUS	78	78	27	183	IRN	4	4	3	11
HOL	95	72	16	183	PAK	8	3		11
KOR	99	73	3	175	GRC	5	4	1	10
CAN	89	65	7	161	NIG	9			9
IND	75	53	16	144	UKR	7	2		9
UAE	96	13		109	IRQ	5	3		8
B	43	47	9	99	NZL	4	4		8
BLR	48	43	1	92	HNG	3	2	2	7
MEX	58	20	8	86	BRU	3	3		6
E	41	37	5	83	CYP	3	3		6
MLA	41	36	3	80	CZE	3	3		6
URS		51	26	77	VEN	3	3		6
THA	35	26	4	65	MLT	3	2		5
D	26	28	4	58	CUB	2	2		4
INS	26	27	5	58	KAZ	4			4
ARS	27	22	5	54	MCO	4			4
TON	22	22	8	52	MHL	2	2		4
I	33	14	2	49	URG	2	2		4
PNG	31	16		47	GHA	2	1		3
TUR	25	15	6	46	KEN	3			3
CTI	27	5	1	33	MDG	3			3
SNG	22	9	1	32	NRU	3			3
NOR	12	12	2	26	POL	2			2
EGY	16	9		25	TRD	1	1		2

※ SRS 및 IFIC 자료로부터 추출하였으며, 국제등록명칭에 따라 공표단계별로 산출되었고, DDI 미제출 등으로 인한 ITU의 국제등록 데이터 현행화가 지연된 상황임

제 2 절 우리나라 국제등록 신청내용 고찰

1. 우리나라 위성망 국제등록 총괄현황

2005년 말 현재 우리나라에서 국제등록을 완료하였거나 국제등록을 추진 중에 있는 위성망 현황은 <표 5.4>와 같다.

<표 5.4> 우리나라 위성망 국제등록 총괄현황

구 분	정지	비정지	합계
사전공표	14	3	17
조정공표	23	1	24
등재완료	5	4	9
계	42	8	50

※ 등재완료 : 국제주파수등록원부의 등재를 위한 신청내용이 포함된 수치임

2. 2005년 국제등록 신청

2005년도 우리나라의 신규 국제등록 공표내용을 살펴보면, 사전공표내용은 <표 5.5>에서 알 수 있듯이 IMTSAT-4 등 6개의 정지궤도위성망과 1개의 비정지궤도 위성망에 대한 신규 및 추가 사전공표가 있었다.

<표 5.5> 우리나라 위성망 사전공표 현황

위성명	궤도	회보번호	공표번호
IMTSAT-1	98 E	2535	API/A/3351
IMTSAT-2	110 E	2535	API/A/3352
IMTSAT-3	122 E	2535	API/A/3353
IMTSAT-3	116 E	2555	API/A/3353 MOD-1
IMTSAT-4	134 E	2535	API/A/3354
IMTSAT-4	128.2 E	2555	API/A/3354 MOD-1
IMTSAT-5	146 E	2535	API/A/3355
IMTSAT-5	144 E	2555	API/A/3355 MOD-1
IMTSAT-6	158 E	2535	API/A/3356
STSAT-2	N-GSO	2542	API/A/3531
계	7개 위성망		

<표 5.6> 우리나라 위성망 조정공표 현황

위성명	궤도	회보번호	공표번호
SKDAB-2	144 E	2558	CR/C/1073 MOD-1
KOREASAT-116D	116 E	2536	CR/C/1351
COMS-116.2E	116.2 E	2546	CR/C/1460
COMS-128.2E	128.2 E	2546	CR/C/1461
계	4개 위성망		

비정지궤도위성망에 대한 사전공표 내용은 없었고 조정공표 내용은 <표 5.6>에서 알 수 있듯이 총 4개 위성망에 대한 조정공표가 이루어졌다.

이외에도 위성망의 국제등록절차에 따라 제출된 KOREASAT-113X 등 22건의 행정적이행정보(DDI : Due Diligence Information)가 공표되었으며, 비계획된 전파자원인 INFOSAT-C 위성망과 비계획된 위성망의 LIST로 신청된 KOREASAT-3 위성망의 통고자료가 공표됨과 아울러, 국제주파수등록원부에 최종 등재되는 등 괄목한만한 성과를 거두었고 향후 우리나라 위성전파자원 확보를 위한 작업으로 C, Ku 밴드의 10개 고정위성업무용 위성망에 대한 국제등록을 추진하였다.

3. 위성망 국제등록을 위한 혼신조정

위성망의 국제등록을 위한 조정방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 주관청간에 서신을 통하여 수행하는 방법과 주관청간의 위성망 조정회의를 통하여 수행하는 방법이 있다. 서신에 의한 방법은 조정할 내용이 경미하여 쉽게 접근할 수 있는 장점이 있는 반면, 경우에 따라서는 상대 주관청의 응답이 없을 수 있는 등 장기간의 시간이 필요한 단점이 있을 수 있다. 2005년도에는 파키스탄, 이탈리아 주관청과 위성망간 궤도이격을 고려하여 양국간에 일괄조정으로 합의를 얻어낸 바 있다.

위성망 조정회의를 이용하는 경우에는 조정할 내용이 용이하지 않을 경우 상호 대면을 통하여 실질적인 협의를 진행할 수 있는 장점이 있는 반면, 여러 기관의 일정을 맞추어야 하고 예산이 수반되어야 하는 등 어려움이 있을 수 있다. 2005년도에는 4월 제8차 한·중 위성망조정회의(수석대표 : 유대선 전파연구소 전파자원연구과장, Mr. Zhu Sanba 신식산업부 무선전관리국 부

국장)를 참석하는 등 총 4회의 정부간 위성망 조정회의를 참석하였으며, 이를 통하여 무궁화 5호를 비롯하여 지구 관측용 아리랑 2호 위성, 통신해양기상위성 등 우리나라 위성망 국제등록을 위한 조정을 추진하였으며 국제등록을 완료한 우리나라 위성망 보호를 위한 조정도 아울러 추진하여 소기의 목적을 성공적으로 달성하였다. 2005년 정부간 위성망조정회의 추진내용은 <표 5.7>과 같다.

<표 5.7> 우리나라 위성망 조정공표 현황

회 의 명	기 간	장 소
제 8차 한-중 위성망조정회의	2005.04.25. - 04.29.	중 국(광서성)
제13차 한-일 위성망조정회의	2005.06.27. - 07.01.	일 본(동 경)
제 3차 한-베트남 위성망조정회의	2005.10.10. - 10.14.	베트남(하노이)
제 2차 한-러시아 위성망조정회의	2005.10.23. - 10.29.	스위스(제네바)

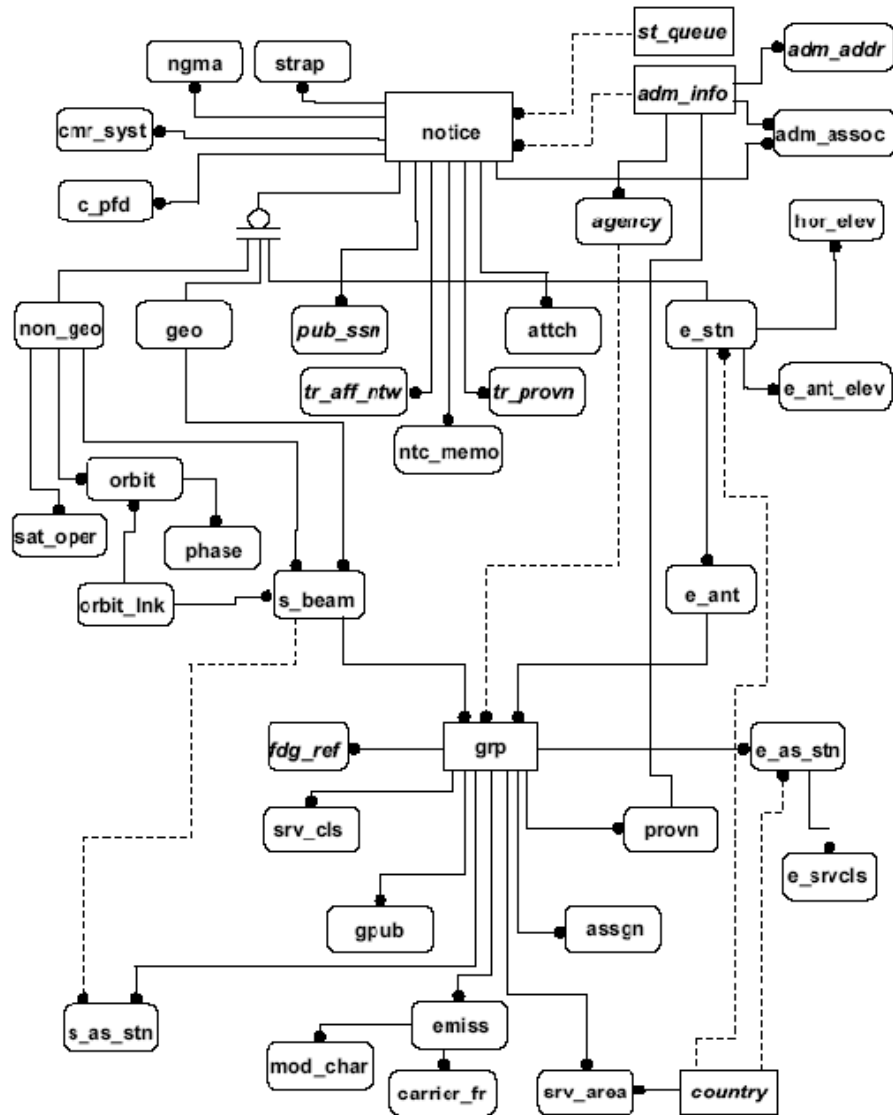
이외에도 좀더 신속한 조정을 위하여 우리나라의 해당사업자와 다른 나라의 상대 위성사업자간의 서신 또는 사업자간 위성망 조정회의를 개최하여 사업자간에 합의된 사항에 대하여 상대 주관청과의 추인을 추진하는 방법이 있을 수 있으며, 2005년에는 인도, 미국, 사우디아라비아, 캐나다, 브루나이 등과 사업자간 합의내용에 대한 추인을 추진하였다.

제 3 절 업무자동화 TOOL 개발

위성망간 전파간섭영향에 대한 분석을 위한 위성제원의 추출, 혼신영향이 예상되는 신규공표 위성망에 대한 이의제기를 위한 이의제기 대상추출, 보고서작성 및 이의제기 영문서한을 위한 상용화된 S/W는 전 세계적으로 찾아보기 힘든 실정이다. 또한, 관련 업무를 처리함에 있어서 수작업에 따른 장시간의 인력이 소요되어야 하고 오류 발생 및 처리기한이 초과될 경우 국가적으로 위성통신과 위성방송서비스에 중대한 지장을 초래할 수 있다. 이러한 어려움을 해소하고자 업무자동화에 대한 TOOL 개발을 추진한 바 있으며, 주요내용으로는 혼신분석을 위한 TOOL과 신규공표 위성망에 대한 이의제기 TOOL로 구성되어 있다.

1. SRS 및 IFIC 데이터베이스 구조

<그림 5.1>은 국제전기통신연합에서 관리하고 있는 위성망과 지구국의 데이터베이스 구조를 나타내고 있다. 국제전기통신연합은 데이터베이스 구현에 있어서 microsoft사의 MS access 이용하고 있다.



<그림 5.1> SRS 및 IFIC 데이터베이스 구조

개개 위성망 별로 ntc_id가 부여되고 있으며 하위레벨로서 정지궤도위성과 비정지궤도 위성으로 분류된다. 그 하위 레벨로서는 s_beam 레벨로 이어지며 국제등록신청단위 중 기본이 된다고 할 수 있는 group level과 연계된다. SRS나 IFIC 데이터를 이용하여 위성망의 제원추출 등 희망하는 작업을 처

리하고자 할 경우에는 원본 테이블 간에 각각의 레벨에 따른 beam name, group_id 등을 join 하는 것이 필수적으로 요구된다.

2. 업무자동화 TOOL 개발

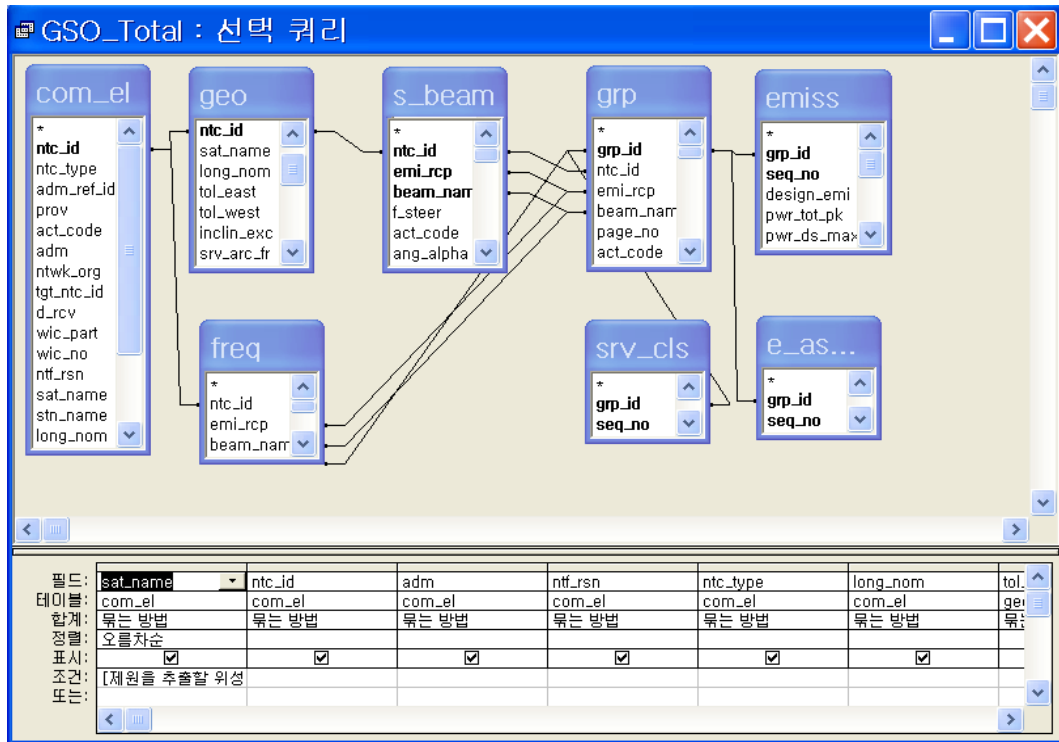
위성망 국제등록업무를 처리함에 있어서 당면하게 되는 사항은 크게 위성망간의 혼신분석과 신규로 공표되고 있는 위성망에 대하여 혼신분석을 통하여 우리나라 위성망과 지상망에 혼신영향을 유발할 경우 이에 대한 이의제기를 실시하는 사항으로 나눌 수 있다.

개발된 TOOL 중 간섭영향 분석의 자동화를 위한 TOOL은 혼신분석을 위하여 필수적으로 요구되는 희망위성과 상대위성의 제원을 추출하는 기능, 상대 위성망에 대하여 전파규칙에서 정한 전력속밀도(PFD)를 분석하는 기능, 정지궤도위성망간의 상세분석방법인 C/I 분석기능 및 혼신분석 단계별 처리과정을 용이하게 할 수 있는 Function 기능이며, 이의제기 업무자동화 TOOL은 신규공표위성망에 대한 이의제기 대상 추출기능, 추출된 대상위성망에 대한 보고서 작성기능 및 상대주관청에 송부될 영문서한 작성기능이다.

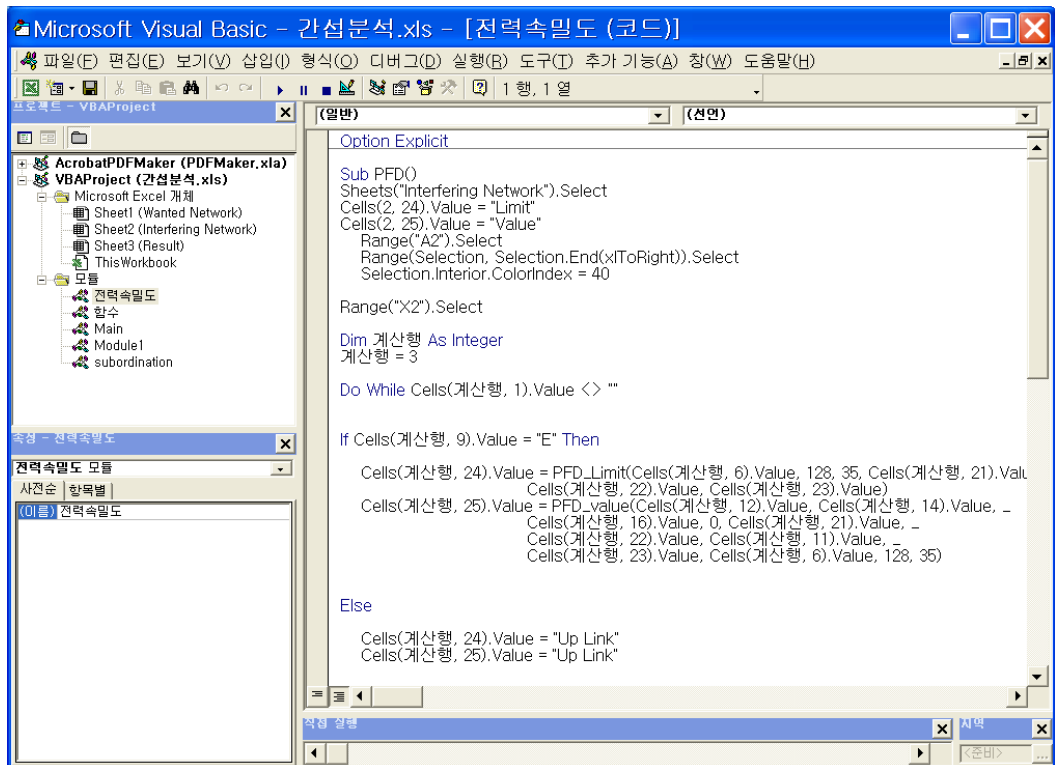
가. 간섭영향 분석 자동화

<그림 5.2>는 정지궤도 위성망의 제원추출을 위한 쿼리(Query) 내용으로 TOOL의 사용 및 응용에 있어서 각각의 테이블 간에 공통사항인 id의 join 사항이 변경될 경우 전혀 예상치 못한 결과를 초래할 수 있음을 주의할 필요가 있다.

<그림 5.3>은 추출된 제원을 이용하여 전파규칙에서 정한 전력속밀도(PFD) 준수여부를 분석하는 TOOL로서 이를 이용할 경우 위성망 별로 수많은 캐리어에 대하여 용이하게 처리할 수 있다. <그림 5.4>는 제원추출 결과 및 PFD 분석결과 예시를 보여주고 있다.



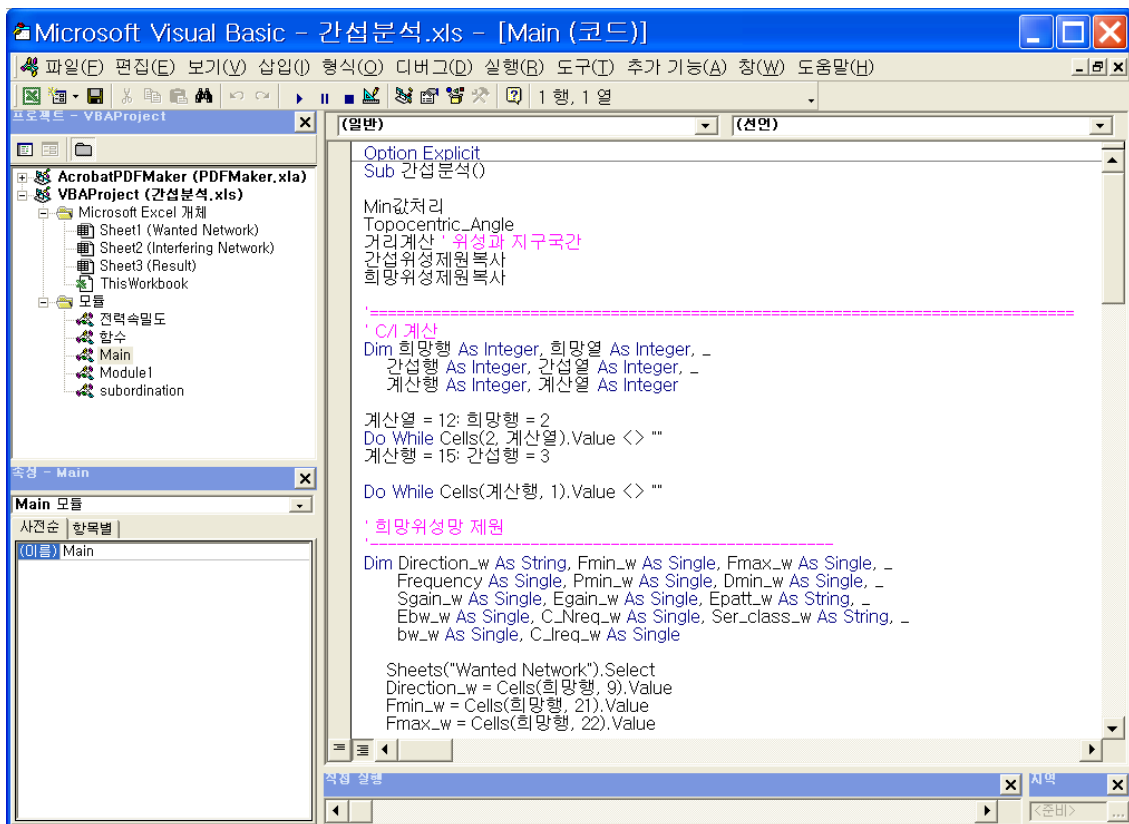
<그림 5.2> 제원추출TOOL



<그림 5.3> PFD 분석 TOOL 구성

Sat Name	ID	Adm	R	T	SL	Te	BN	D	Earth Name	Design	Pmax	Pmin	Dmax	Dmin	SG	EG	pattern_id	BW	CN	Fmin	Fmax	SC	Limit	Value
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.2	150MG7W	35.8	20	-46	-61.8	43.5	46	46	0.9	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.2	27K7G7W	-1.6	-25.8	-46	-61.8	43.5	46	46	0.9	20	18125	21155	EC	-105.0	-120.5
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.2	36M0F9W	20	3	-46	-70.2	43.5	46	46	0.9	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.8	150MG7W	35.8	16.5	-46	-63	43.5	49.5	46	0.6	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.8	27K7G7W	-1.6	-22.3	-46	-65.3	43.5	49.5	46	0.6	20	18125	21155	EC	-105.0	-120.5
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-1.8	36M0F9W	20	0	-46	-66.7	43.5	49.5	46	0.6	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	150MG7W	35.8	14	-46	-66	43.5	52	46	0.44	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	27K7G7W	-1.6	-20	-46	-67.8	43.5	52	46	0.44	20	18125	21155	EC	-105.0	-120.5
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	36M0F9W	20	-2.5	-46	-64.4	43.5	52	46	0.44	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-3.7	150MG7W	35.8	10.2	-46	-68.5	43.5	55.8	46	0.28	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	KA-4.5	150MG7W	35.8	8.5	-46	-71.6	43.5	57.5	46	0.24	20	18125	21155	EC	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KBR	E	TTC	1M00G9D	14	14	-46	-73.3	43.5	57.5	46	0.24	20	18104.5	21195.5	ER	-105.0	-104.9
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KO	E	TTC	1M00G9D	30	30	-30	-46	0	60.2	46	0.17	20	18104.5	21195.5	ER	-105.0	-132.4
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	150MG7W	26.5	14	-55.3	-30	43.5	52	46	0.44	20	19745	21155	EC	OSS	OSS
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	27K7G7W	-10.9	-20	-55.3	-55.3	43.5	52	46	0.44	10	19745	21155	EC	OSS	OSS
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KBR	E	KA-2.4	36M0F9W	10.7	-2.5	-55.3	-55.3	43.5	52	46	0.44	15	19745	21155	EC	OSS	OSS
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KBR	E	KA-3.7	150MG7W	26.5	10.2	-55.3	-55.3	43.5	55.8	46	0.28	20	19745	21155	EC	OSS	OSS
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KBR	E	KA-4.5	150MG7W	26.5	8.5	-55.3	-55.3	43.5	57.5	46	0.24	20	19745	21155	EC	OSS	OSS
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KO	E	TTC	1M00G9D	30	15	-30	-55.3	0	60.2	46	0.17	10.7	18104.5	21195.5	ER	-105.0	-132.4
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-1.2	27K7G7W	5.4	-2.1	-39	-30	43.5	49.2	92	0.6	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-1.8	150MG7W	42.8	18.5	-39	-46.5	43.5	52.7	92	0.4	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-1.8	27K7G7W	5.4	-2.1	-39	-63.3	43.5	52.7	92	0.4	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-1.8	36M0F9W	27	7.9	-39	-46.5	43.5	52.7	92	0.4	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-2.4	150MG7W	42.8	16	-39	-58.1	43.5	55.2	92	0.32	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-2.4	27K7G7W	5.4	-4.6	-39	-65.8	43.5	55.2	92	0.32	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-2.4	36M0F9W	27	10	-39	-49	43.5	55.2	92	0.32	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-3.7	150MG7W	42.8	14.3	-39	-56	43.5	59	92	0.2	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-3.7	27K7G7W	5.4	-4.6	-39	-67.5	43.5	59	92	0.2	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-3.7	36M0F9W	27	8.7	-39	-49	43.5	59	92	0.2	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-4.5	150MG7W	42.8	12.6	-39	-57.3	43.5	60.7	92	0.16	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-4.5	27K7G7W	5.4	-4.6	-39	-68.2	43.5	60.7	92	0.16	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	KA-4.5	36M0F9W	27	7	-39	-49	43.5	60.7	92	0.16	10.7	27025	30885	EC	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KAR	R	TTC	1M20G9D	21.8	21.8	-39	-59	43.5	60.7	92	0.16	10.7	27004.4	27015.6	ED	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	96520113	KOR	C	G	113	0.1	KO	R	TTC	1M20G9D	40.7	40.7	-20.1	-39	0	63.5	92	0.17	10.7	30984.4	30995.6	ED	Up Link	Up Link
INFOSAT-B	99500246	KOR	N	G	113	0.1	KAR	R	TTC	1M20G9D	21.8	-18.5	-39	-20.1	43.5	60.7	92	0.16	8.6	27004.4	27015.6	ED	Up Link	Up Link

<그림 5.4> 제원추출 결과 및 PFD 분석결과



<그림 5.5> 제원추출 결과 및 PFD 분석결과

또한, <그림 5.5>는 정지궤도위성망간의 Carrier와 Interference를 분석하는 TOOL로서 상용화된 프로그램의 경우 캐리어에 대한 제원 값을 일일이 입력해야하는 번거로움이 있어 캐리어수가 많은 경우 분석에 어려움이 있지만 개발된 TOOL의 경우 캐리어의 수에 제한 없이 분석이 가능한 장점을 가지고 있다.

<그림 5.6>은 개발된 TOOL을 이용하여 간섭영향을 분석한 것으로 지구국과 우주국간 거리, 희망지구국과 상대지구국의 Topocentric angle 등 일반적인 계산값을 표기하도록 하였으며, 희망위성과 상대위성의 캐리어별 분석내용은 Matrix 구조로 최종 C/I margin값을 보여주고 있다. “bid”로 표기된 계산값은 희망위성과 상대위성의 주파수대는 중첩되나 송신방향이 반대방향이고 “No”로 표기된 계산값은 상대위성과 희망위성의 주파수대가 중첩되지 않는 것을 나타낸다.

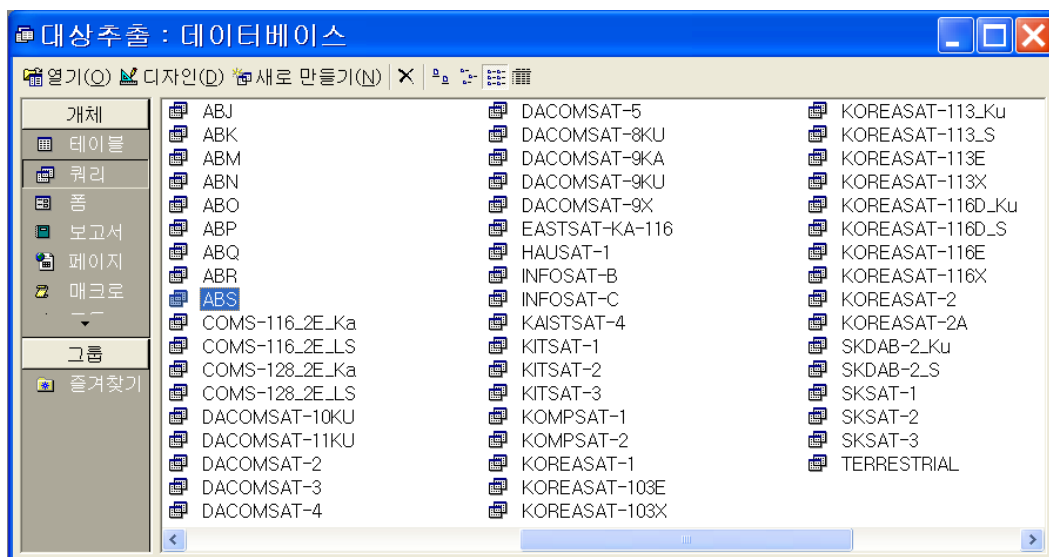
[illegible]

〈그림 5.6〉 정지궤도위성망간 간섭영향 분석결과

나. 이의제기업무 자동화

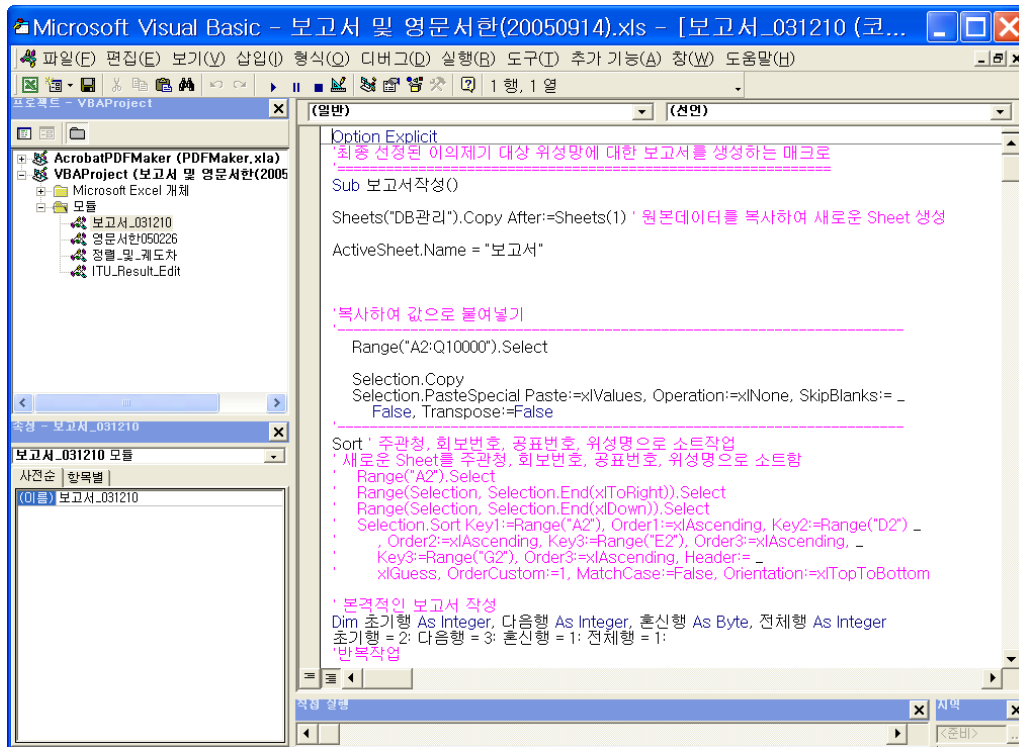
세계 각 국은 자국의 위성전파자원을 확보하기 위해 심혈을 기울이고 있는 상황에서 우리나라의 위성전파자원을 보호하기 위해서는 전파규칙에서 정한 절차에 따라 이의제기 및 조정절차를 수행하여야 한다. 비록, 우리나라에서 확보한 위성전파자원이라고 하더라도 다른 나라에서 신규 위성전파자원을 확보하기 위해 공표되는 위성망으로부터 야기되는 전파간섭영향에 대한 이의제기가 적기에 이루어지지 않을 경우 다른 나라 위성망으로부터의 혼신을 용인해야 하며 또한, 경우에 따라서 우리나라 무선국 운용에 따라 다른 나라 무선국에 혼신을 야기하여서도 안 되는 상황이 발생한다. 이와 같이 이의제기를 적기에 실시하는 것은 그만큼 중요한 의미가 있어 간과될 수 없는 실정이다. 현재 이의제기에 대한 작업은 신규공표 위성망의 증가와 더불어 우리나라에서 공표된 위성망이 상당한 만큼 그리 손쉬운 작업은 아니다. 이러한 문제는 이의제기 관련 작업의 자동화라는 당면과제로 부각되었다.

<그림 5.7>는 신규공표 위성망에 대한 이의제기 대상을 추출하는 TOOL로서 수작업으로는 사실상 불가능한 상황을 해결하는 방안으로 실제업무에 활용하여 이의제기업무를 차질 없이 수행하고 있다.



<그림 5.7> 이의제기 대상추출 TOOL

이의제기 대상 위성망을 추출하였다고 하더라도 매 회보별 보고서를 일목요연하게 작성하는 것은 수작업시에는 거의 불가능한 일이나, 이를 용이하게 처리할 수 있도록 <그림 5.8>과 같이 보고서 작성 TOOL을 개발 이용하여 많은 시간의 절감은 물론, 수작업에 따른 오류를 원천적으로 차단할 수 있도록 하였다.



<그림 5.8> 보고서작성 TOOL

<그림 5.9> 개발된 TOOL을 이용하여 작성된 보고서내용 예이며 상대위성망의 special section 번호 등 공표내용이 있으며 이에 따라 혼신영향이 예상되는 우리나라 위성망과 지상망의 내역이 나열되어 있다.

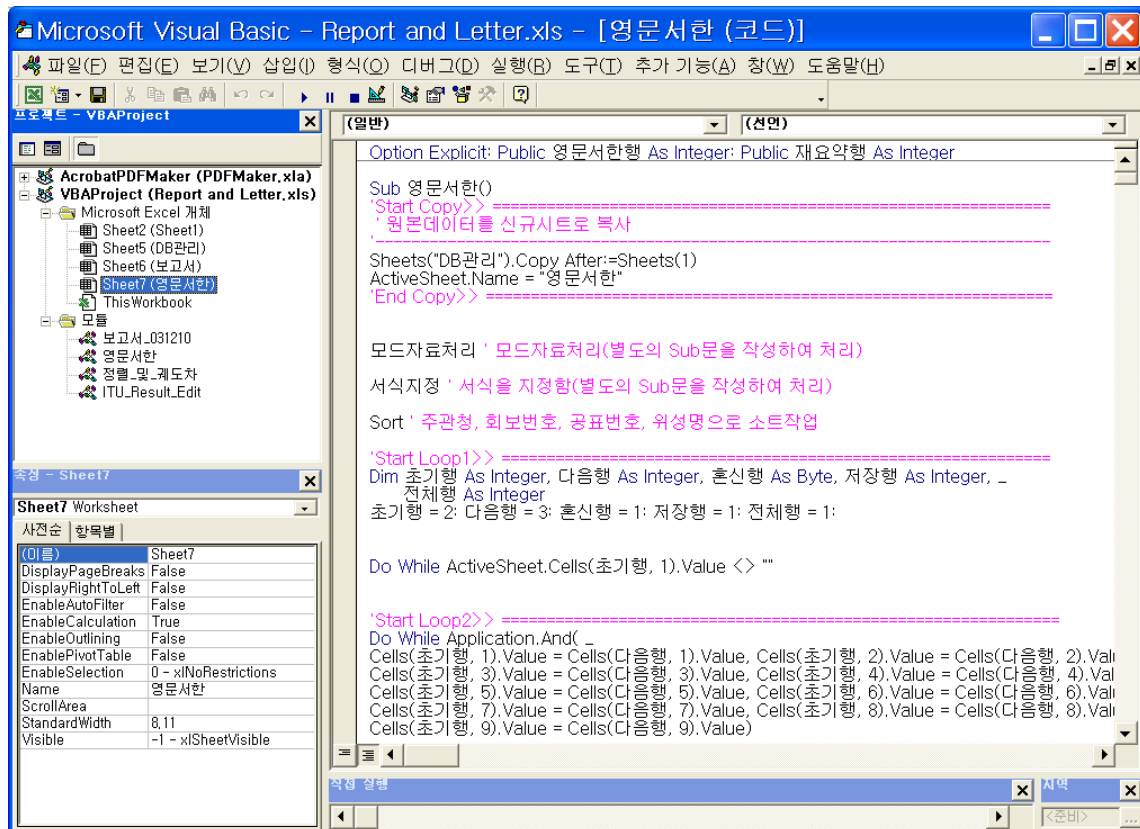
우주망	전수일	공표일	항보번호	위성명	T _{max} 궤도	우주망명	T _{max} 궤도	Band	사상가	궤도가
AUS	05-05-26	05-07-26	2549 API/A 3609	A/A1	G 130	COMB-116.2E	G 116.2	L, S	FR	13.8
						COMB-128.2E	G 128.2	L, S	FR	1.8
						D-COMB-T-2	G 154	X	MD	24
						D-COMB-T-5	G 151	FR	MD	21
						D-COMB-T-8X	G 109	X	MD	21
						K-ISTAT-T-4	N	HF/8X	FR	
						K-ISTAT-T-3	N	WU/8X	FR	
						K-OMP8-T-1	N	8/X	FR	
						K-OMP8-T-2	N	8/X	FR	
						K-ORE8AT-103X	G 103	X	MD	27
						K-ORE8AT-113X	G 113	X	MD	17
						K-ORE8AT-116X	G 116	X	MD	14
						D-COMB-T-8/A	G 109	FR	MD	29
						D-COMB-T-9X	G 109	X	MD	29
AUS	05-05-31	05-07-26	2549 API/A 3670	ADF WEST-1	G 90	K-ISTAT-T-4	N	HF/8X	FR	
						K-ISTAT-T-3	N	WU/8X	FR	
						K-OMP8-T-1	N	8/X	FR	
						K-OMP8-T-2	N	8/X	FR	
						K-ORE8AT-103E	G 103	FR	MD	23
						K-ORE8AT-103X	G 103	X	MD	23
						K-ORE8AT-113X	G 113	X	MD	33
						K-ORE8AT-116X	G 116	X	MD	36
						D-COMB-T-8/A	G 109	FR	MD	23
						D-COMB-T-9X	G 109	X	MD	23
						E-ISTAT-T-1/A-116	G 116	FR	EA	30
						INFOSAT-B	G 113	FR	MD	27
						INFOSAT-C	G 116	FR	IT	30
						K-ISTAT-T-4	N	HF/8X	FR	
AUS	05-05-31	05-07-26	2549 API/A 3671	ADF WEST-2	G 96	K-ISTAT-T-3	N	WU/8X	FR	
						K-OMP8-T-1	N	8/X	FR	
						K-OMP8-T-2	N	8/X	FR	
						K-ORE8AT-103E	G 103	FR	MD	17
						K-ORE8AT-103X	G 103	X	MD	17
						K-ORE8AT-113E	G 113	FR	MD	27
						K-ORE8AT-113X	G 113	X	MD	27
						K-ORE8AT-116E	G 116	FR	IT	30
						K-ORE8AT-116X	G 116	X	MD	30
						S-ISTAT-T-1	G 111.5	FR	8K	25.5
						COMB-116.2E	G 116.2	FR	FR	24.2
						D-COMB-T-8/A	G 109	FR	MD	17
						D-COMB-T-9X	G 109	X	MD	17
						E-ISTAT-T-1/A-116	G 116	FR	EA	24
AUS	05-05-31	05-07-26	2549 API/A 3672	ADF WEST-3	G 92	INFOSAT-B	G 113	FR	MD	21
						INFOSAT-C	G 116	FR	IT	24
						K-ISTAT-T-4	N	HF/8X	FR	
						K-ISTAT-T-3	N	WU/8X	FR	
						K-OMP8-T-1	N	8/X	FR	
						K-OMP8-T-2	N	8/X	FR	
						K-ORE8AT-103E	G 103	FR	MD	11
						K-ORE8AT-103X	G 103	X	MD	11
						K-ORE8AT-113E	G 113	FR	MD	21
						K-ORE8AT-113X	G 113	X	MD	21
						K-ORE8AT-116E	G 116	FR	IT	24
						K-ORE8AT-116X	G 116	X	MD	24
						S-ISTAT-T-1	G 111.5	FR	8K	19.5
						S-ISTAT-T-2	G 117.5	FR	8K	25.5
AUS	05-05-31	05-07-26	2549 API/A 3673	ADF WEST-4	G 93	COMB-116.2E	G 116.2	FR	FR	13.2
						D-COMB-T-8/A	G 109	FR	MD	11
						D-COMB-T-9X	G 109	X	MD	11
						E-ISTAT-T-1/A-116	G 116	FR	EA	19
						INFOSAT-B	G 113	FR	MD	15
						INFOSAT-C	G 116	FR	IT	19
						K-ISTAT-T-4	N	HF/8X	FR	
						K-ISTAT-T-3	N	WU/8X	FR	
						K-OMP8-T-1	N	8/X	FR	
						K-OMP8-T-2	N	8/X	FR	
						K-ORE8AT-103E	G 103	FR	MD	5
						K-ORE8AT-103X	G 103	X	MD	5
						K-ORE8AT-113E	G 113	FR	MD	15
						K-ORE8AT-113X	G 113	X	MD	15
						K-ORE8AT-116E	G 116	FR	IT	19
						K-ORE8AT-116X	G 116	X	MD	19

- 1 / 26 -

<그림 5.9> 보고서 작성결과


최종적으로 우리나라 위성망과 지상망을 다른나라 신규공표 위성망으로부터 보호하기 위하여 상대국가 및 국제전기통신연합에 송부될 영문서한을 작성하는 것이 과제로 남는다. <그림 5.10>은 추출된 이의제기대상 위성망에 대하여 우리나라의 위성망과 지상망과의 조정이 필수적으로 요구되어 양

국 주관청간의 조정과정을 거쳐 우리나라의 최종적인 동의가 필요함을 알리는 영문서한을 작성하기 위한 TOOL의 내용이다.



<그림 5.10> 영문서한 작성 TOOL

<그림 5.11>은 상대주관청과 국제전기통신연합에 송부될 영문서한의 예를 보여주는 것으로 내용 중에 우리나라 위성망과의 조정이 요구됨을 지적하는 내용이나 일반적으로 이의제기 내용은 크게 세 가지로 분류될 수 있는데 첫째, 우리나라 위성망과의 조정 요구 둘째, 우리나라 지상망과의 조정 요구 셋째는 상대위성망의 서비스내용 중 방송서비스의 경우 우리나라가 포함되지 아니하도록 요구하는 내용이다. 주의할 사항은 상대위성의 방송서비스가 우리나라가 포함되는 경우인데 이 경우 이의제기대상 추출 TOOL로는 해결하기 어려운 부분으로 PDF파일로 공표된 내용을 분석하는 방법을 사용해야한다. 또한, 방송위성계획과 고정위성업무계획 등 계획된 자원에 대한 이의대상 추출도 현재로서는 국제전기통신연합이 분석한 자료를 이용하는 단계로서 이에 대한 추가적인 개선방안 모색이 요구된다.


Radio Research Laboratory
 MINISTRY OF INFORMATION AND COMMUNICATION
 REPUBLIC OF KOREA
 1, Wonhyoro-3ga, Yongsan-gu, Seoul, 140-848, Korea
 Tel: +82 2 710 6470
 Fax: +82 2 710 6449
 E-mail: satellite@mic.go.kr
 MIC/RRL/RADIO-1811
 23 September 2005

To: Director
 Space Systems Team
 Australian Communications Authority
 Purple Bldg., Benjamin Offices
 P.O.Box 78, BELCONNEN ACT 2616
 Australia
 Fax: +61 2 6219 5133
 CC: The Director of the Radiocommunication Bureau, ITU
 Fax: +41 22 730 5785
 Subject: Coordination of satellite networks

References:


- 1) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3669 dated 26 July 2005
- 2) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3670 dated 26 July 2005
- 3) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3671 dated 26 July 2005
- 4) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3672 dated 26 July 2005
- 5) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3673 dated 26 July 2005
- 6) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3674 dated 26 July 2005
- 7) BR IFIC 2549 Special Section API/A/3675 dated 26 July 2005
- 8) BR IFIC 2548 Special Section CR/C/377 MOD-2 dated 12 July 2005

Dear Sir,

Analysis based upon the information of AVA1, ADF WEST-1, ADF WEST-2, ADF WEST-3, ADF WEST-4, ADF WEST-5, ADF WEST-6 and AUSSAT C 156E FSS satellite networks published in the above references indicates that harmful interference may be caused to our existing or planned satellite networks.

Therefore, further coordination is required.

Sincerely yours,


 Yoo, Dae-seon
 Director
 Radio Division

<그림 5.11> 영문서한 작성결과

다. 2005년 이의제기 처리현황

세계 각 국 위성망 국제등록 신청에 대하여 개발된 TOOL을 이용하여 <표 5.8>에서와 같이 2005년에는 일본 등 26개국 303개 신규 공표된 다른 나라 위성망에 대해 이의제기를 실시하여 우리나라 위성전파자원을 다른 나라 위성망 등으로부터 보호한 바 있다.

<표 5.8> 2005년도 국가별 이의제기 건수

주관청명	사전공표	조정공표	계
AUS	9	8	17
BLR	3	0	3
BRU	0	1	1
CAN	0	1	1
CHN	14	17	31
D	0	1	1
F	11	0	11
G	8	5	13
HOL	2	2	4
IND	7	2	9
INS	1	1	2
J	20	32	52
KAZ	1	0	1
LUX	35	3	38
MLA	1	14	15
NZL	1	0	1
PNG	2	0	2
RUS	3	1	4
SNG	4	0	4
THA	11	1	12
TON	0	3	3
TUR	10	0	10
UAE	9	2	11
UKR	2	0	2
USA	41	10	51
VTN	2	2	4
총계	197	106	303

제 6 장 맺음말

고정위성업무 계획 중 4/6GHz과 10-11/13GHz 대역에서 우리나라에 분배된 위성궤도와 인접한 위성망의 현황을 조사하였고 우리나라에 분배된 위성망 제원의 출력 및 안테나 크기에 따른 간섭영향 분석을 통하여 향후 위성망 운용에 대비하여 제원변경 가능성을 검토하였다. 분석결과 4/6GHz 대역에서 위성 출력은 현행보다 10dBw/Hz를, 지구국의 출력은 4dBw/Hz 높게 하여도 인접국이나 인접위성망에 아무런 영향이 없음을 알 수 있었다. 그리고 지구국의 안테나 크기도 현행 7m에서 6m로 조정 가능함을 알 수 있었다. 한편 10-11/13GHz 대역에서 위성 출력은 현행보다 12dBw/Hz를, 지구국의 출력은 6dBw/Hz 높게 하여도 인접국이나 인접위성망에 아무런 영향이 없음을 알 수 있었다. 지구국의 안테나 크기 변경에 따른 검토 결과 현행 3m 이하로 조정시에 다른 나라 위성망에 의해 간섭영향이 예상됨에 따라 다른 기술적 제원의 변경을 통하여 안테나 크기를 줄이는 방안에 대한 고려가 필요하다. 우리나라에 분배된 제원으로 위성을 운용시에 우리나라의 임의의 시험점에서 RR 21조의 PFD 제한값과의 비교 분석 결과 PFD 제한값보다 낮은 값을 가짐에 따라 지상망과의 공유 시 문제가 없음을 알 수 있었다.

향후에는 이러한 분석 결과에 따라 우리나라에 분배된 위성망의 위성출력 증가 등 위성 제원변경을 통하여 통신위성서비스를 구상하여 신속하게 대처한다면 충분히 상업성이 있는 위성자원이 될 수 있을 것으로 보인다.

HIO 위성시스템과 FS 시스템이 주파수를 공유하는 환경에서 HIO 위성시스템의 간섭 특성과 HIO 위성시스템에 적용할 수 있는 출력 제한값에 대해 분석하였다. 4 가지 시나리오를 가정하여 HIO 위성시스템으로부터 FS 시스템으로의 간섭 특성을 분석한 결과 HIO 위성시스템의 이심률이 간섭의 시간 특성에 매우 중요한 요인임을 알 수 있었고, 다양한 이심률을 갖는 위성시스템에 대한 분석을 통하여 FS 시스템과의 주파수 공유 환경을 개선할 수 있는 HIO 시스템의 궤도 및 운용 특성을 제안할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 HIO 위성시스템의 출력제한값 분석에서는, FS 무선국이 현 전과규칙의 전력속밀도 제한값을 따르는 HIO 위성시스템으로부터 보호기준($I/N=-10\text{dB}$)을 초과하는 간섭을 받게 되며, FS 보호를 위해서는 도래각이 5° 이하에서의

전력속밀도 값이 적어도 10 dB 이상 강화될 필요가 있음을 알 수 있었다. 본 연구는 I/N의 시간 평균만을 고려하여 분석을 수행하였는데 비정지위성 시스템이 시변성을 갖는 간섭을 FS 시스템에 야기하다는 점을 고려하여 분석이 수행된다면, HIO 위성시스템에 적용할 수 있는 보다 합리적인 출력제한값이 도출될 수 있을 것으로 사료된다.

전파규칙 부록 7(지구국 조정영역 결정 알고리즘)의 개선점을 파악하기 위해, 계산 알고리즘에 주로 적용되는 대기중 가스에 의한 감쇠 모델 및 유속계 산란 경로손실 모델에 중점을 두어 비교분석하였다. 또한 조정영역 계산 알고리즘에 영향을 미치는 주요 변수에 대해서도 간략히 분석·정리해 보았다.

현재 부록 7에서 적용되는 대기 중 가스에 의한 감쇠 모델과 최근 개정된 ITU-R 권고 모델을 비교해 본 결과, 두 모델로부터 나온 감쇠값 차이는 거의 없었다. 따라서 기존에 적용되는 대기중 가스에 의한 감쇠 모델은 그대로 쓰일 수 있을 것으로 생각된다.

유속계 산란에 의한 경로손실의 경우, 현재 부록 7의 경로손실 계산모델결과와 최근 개정된 ITU-R 권고 P.620을 중심으로 한 관련 전파전파 권고들을 이용하여 구한 경로손실값을 비교해 보았다. 계산 알고리즘상에 있어 두 모델간 차이로 인해 사실상 경로손실값에 대한 단순비교는 어렵지만, 주파수 대역별로 경로손실값에 있어서는 커다란 차이를 보였다. 지구국의 양각과 지구국이 위치한 전파기후 정보를 이용하는 권고 P.620의 계산 알고리즘이 좀 더 논리적으로 전개되므로, 좀더 정확한 경로손실값을 구할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서, 현재 부록 7의 유속계 산란 경로손실 부분에 대해 지구국 양각의 영향과 정확한 전파기후 정보를 적용하도록 하는 알고리즘 개선이 있어야 할 것이다. 전파모드 (2)의 최소·최대 조정거리 등을 비롯한 조정영역 계산 알고리즘에 영향을 미치는 주요변수에 대해서도 부록 7과 개정된 권고 P.620은 서로 다른 변수값을 가지고 있음을 확인하였는데 이러한 사항도 조정영역 알고리즘 수정시에 고려되어야 할 것이다.

현재까지의 전세계 위성망 국제등록 현황 및 2005년도에 우리나라에서 국제등록을 추진 중에 있는 위성망에 대한 내용에 대하여 고찰하였고, 우리나라 위성망과 지상망 보호를 위해 전파연구소에서 자체적으로 개발하여 운용 중에 있는 TOOL의 내용을 정리하였다.

참고문헌

- [1] Appendix 30B of ITU Radio Regulations, “Provisions and associated Plan for the fixed-satellite service in the frequency bands 4500-4800 MHz, 6725-7025 MHz, 10.70-10.95 GHz, 11.20-11.45 GHz and 12.75-13.25 GHz”, 2003년
- [2] 무선관리단, “FSS Allotment Plan(AP30B) 주파수 활용방안”, 2003년 3월
- [3] ITU-R WP4A 우리나라 기고문, “some difficulties in application of technical and regulatory procedures in Appendix 30B”, 2005년 5월
- [4] 박주홍, 성향숙, “4/6GHz대역에서 우리나라에 분배된 고정통신위성업무 계획 제원의 변경에 따른 간섭영향 분석”, 한국통신학회 하계학술 발표회, 2005년 7월
- [5] ITU-R WP4A 우리나라 기고문, “Review of technical procedure in Appendix 30B”, 2005년 11월
- [6] ITU-R SC-WP 우리나라 기고문, “Review of PDA in Appendix 30B”, 2005년 12월
- [7] 고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구(2차년도) 제2장 제3절, 전파연구소 2002년 연구보고서
- [8] 고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구(1차년도) 제2장 제2절, 전파연구소 2001년 연구보고서
- [9] 이주환, 임상희, 최용석, 이찬길, “*Analysis of PFD Levels of Earth Surface from HIO Satellites in the 17.7-19.7 GHz Band*”, IEEE ICACT 2005, Feb.2005
- [10] 임상희, 박주홍, 양왕렬, 성향숙, “HEO 위성시스템과 지상망간 간섭 분석”, 한국통신학회 추계학술 발표회, 2002년 10월.
- [11] ITU-R WP4-9S 의장보고서, 2001년 3월
- [12] ITU-R WP4-9S 의장보고서, 2004년 10월
- [13] ITU-R Document 4-9S/166(USA), 2001년 10월
- [14] ITU-R 권고 F.1245-1, “Mathematical model of average and related radiation patterns for line-of-sight point-to-point radio-relay system antennas for use in certain coordination

- studies and interference assessment in the frequency range from 1 GHz to about 70 GHz”, 2000년
- [15] ITU-R 권고 F.1495-1, “Interference criteria to protect the fixed service from time varying aggregate interference from other services sharing the 17.7-19.3 GHz band on a co-primary basis”, 2000년
 - [16] ITU-R 권고 SF.1395, “ Minimum propagation attenuation due to atmospheric gases for use in frequency sharing studies between the fixed-satellite service and the fixed service”, 1999년
 - [17] B. R. Elbert, *Ground segments and earth station handbook*, Artech House, 2001
 - [18] T. Pratt and C. W. Bostian, *Satellite communications*, John Wiley & Sons, 1986
 - [19] Appendix 7 of Radio Regulations, “Methods for the determination of the coordination area around an earth station in the frequency bands between 100 MHz and 105 MHz”, 2003년
 - [20] ITU-R 권고 P.620-6, “Propagation data required for the evaluation of coordination distances in the frequency range 100 MHz to 105 GHz”, 2005년
 - [21] ITU-R 권고 SM.1448, “Determination of the coordination area around an earth station in the frequency bands between 100 MHz and 105 MHz”, 2000년
 - [22] 고정위성업무와 타 업무간의 공유에 관한 연구(3차년도) 제 3 장, 전파 연구소 연구보고서, 2003년
 - [23] ITU-R 권고 P.676-6, “Attenuation by atmosphere gases”, 2005년
 - [24] ITU-R 권고 P.676-1, “Attenuation by atmosphere gases”, 1992년
 - [25] ITU-R 권고 P.837-4, “Characteristics of precipitation for propagation modelling”, 2001년
 - [26] ITU-R 권고 P.838-3, “Specific attenuation model for rain for use in prediction methods”, 2005년
 - [27] ITU-R 권고 P.839-3, “Rain height model for prediction methods”, 2001년
 - [28] ITU-R 권고 P.836-3, “Water vapour: surface density and total columnar content”, 2001년