

제 출 문

본 보고서를 「전과분석알고리즘 및 전과간섭
분석기준 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2003. 12. .

연구책임자 : 이 일 근 (한남대학교)

연구보조원 : 이 용 규 (한남대학교)

김 광 섭 (한남대학교)

김 유 미 (한남대학교)

요 약 문

1. 과제명 : 전파분석알고리즘 및 전파간섭분석기준 연구

2. 연구 기간 : 2003. 2. 1 ~ 2003. 12. 31 (11 개월)

3. 연구책임자 : 이 일 근

4. 계획 대 진도

가. 월별 추진내용

□ 당초 계획, ■ 진 도

세부 연구내용	연구자	월별 추진계획												비 고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
전파관리시스템에 요구되는 전파예측 알고리즘 및 전파간섭분석 기준 자료 조사, 분석	이일근, 이용규, 김광섭	□	□	□										
전파이용환경 등급 설정방법 조사, 분석	이일근, 김광섭	□	□	□										
전파예측 알고리즘을 선택가능 방법론 개발과 함께 전파간섭분석 기준 안 도출	이일근, 김유미, 이용규			□	□	□	□	□	□					
중간보고서 작성	이일근													
전파예측알고리즘 선택기준 및 전파간섭 기준 안 작성	이일근, 협력팀				□	□	□	□	□	□	□	□	□	
전파예측알고리즘 선택기준 적정성 분석	이일근, 김유미								□	□	□	□	□	
최종보고서 작성	이일근											□	□	
분기별 수행진도(%)		25			50			75			100			

나. 세부 과제별 추진사항

- 1) 전파관리시스템에 요구되는 전파예측 알고리즘 및 전파간섭분석기준 자료 조사분석
 - 최근의 ITU-R 관련 권고서, 보고서, RR 및 최신 전파예측 알고리즘과 전파간섭분석 관련 논문 등의 자료 조사 및 분석
 - 전파관리시스템의 기능 개선의 추이 수집
- 2) 전파이용환경 등급 설정방법 조사분석
 - 업무 별 분석을 통한 주파수, 지역, 환경 변수 등 업무의 특성에 따른 전파이용환경 등급 설정방법 연구
- 3) 전파전파 예측 알고리즘을 선택할 수 있는 방법론 개발과 함께 전파 간섭분석 기준 안 도출
 - RFMS 에서 사용 중 또는 사용 가능 전파 예측 알고리즘들의 전파환경을 고려한 선택 방안 연구
 - 전파 간섭분석 기준 안 도출 연구

5. 연구 결과

- 1) 전파간섭 분석을 위한 기본 개념 연구
 - 간섭 시나리오 설정 :
 - ▶ 고정 업무 사이의 간섭 시나리오

- ▶ 이동 업무 간 간섭 시나리오
- ▶ 고정 업무 및 이동 업무 간 간섭 시나리오

- 무선국 종류 및 무선업무 분류 연구 :
ITU RR 기반 및 정보통신부 규정 기준
- 무선국 파라미터 설정 연구 : 이동국, 기지국, 고정국
- 간섭 시나리오 특성 연구 : 환경에 따른 페이딩, 주요 오류
메커니즘들, 성능 요구조건
- 공유 목표치 및 공유기준 연구
 - ▶ 공유 목표치 정의 및 활용 방법
 - ▶ 공유 기준의 정의 및 활용 방법

2) 적정 전파전파 알고리즘의 선택 연구 :

- RFMS 에서 현재 사용하고 있는 전파전파 기법들과 ITU-R 에서 권고하는 향후 사용가능성이 있는 기법들에 대한 특성
연구
- 사용 전파환경에 적합한 전파전파 알고리즘을 자동으로
선택하는 기준 및 방법 도출

3) 간섭 분석 알고리즘 연구 :

- 일반적 기법 연구
 - ▶ 최소 결합 손실 기법 :
 - 최소 수신기 선택도(sensitivity)에 기반

- 결정론적 방법

- ▶ 강화된 최소 결합 손실 기법

- 간섭원과 대상체사이에 간섭이 존재하지 않도록 하는데
요구되는 이격 계산

- 준 해석적 방법

- 링크 가용도 개념 도입

- ▶ ITU-R SM.337 :

- FD 및 FDR 개념 및 적용 방안

- 간섭 계산 및 주파수와 거리 이격 산출 방법

- 시스템 별 간섭 분석 기법 적용 연구

- ▶ ITU-R SM.337 :

- 육상 이동국 송수신 혼 변조 간섭 분석

- ▶ ITU-R F.1095:

- 고정업무 전파중계 시스템 간섭분석을 통한
조정 영역 결정

- ▶ ITU-R F.1096:

- 고정업무 전파중계 시스템에서 지형 산란에 의한 간섭 분석

- ▶ ITU-R F.1334:

- LMS 와 FS 사이의 간섭분석을 통한
FS 보호기준 설정 방안

- ▶ ITU-R F.1402:

- FWA 와 MWA 시스템간 간섭분석을 통한
공유기준 설정

▶ **ITU-R P.452-10:**

0.7~30GHz 사이 마이크로 웨이브 대역에서의 지상국
업무간 간섭분석

4) 간섭 분석 알고리즘 적용 기준 도출 :

- 간섭분석 알고리즘의 적용기준
 - 주파수, 적용 시스템에 따른 적정 간섭분석 알고리즘 자동 선택 기법 도출
- ITU-R 권고안에 따른 시스템별 보호비 연구 정리

5) 전파 예측 및 간섭 분석 알고리즘 자동 설정방안 제시:

- RFMS내에서 전파예측 및 간섭분석 알고리즘의 자동 적용 방안 제시
- 활용 예를 통한 RFMS 기능 개선 방안 마련

6. 기대효과

- RFMS에 추가함으로써 성능 개선 효과
- 전파간섭 분석, 주파수 계획, 국가간 조정에도 활용 가능

7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규격	수량	용도	보유현황	확보방안	비고
MATLAB Software (for DSP in PC)		1	Data 처리	한남대		
Spectrum Analyzer		1	Data 분석	한남대		
GWI488s Controller		1	Data 처리	한남대		
Teleport Modem		1	정보교환	한남대		
HP Digital Plotter		1	Data 분석	한남대		
PC and Printer		6	Simulation	한남대		
DADiSP		1	Simulation	한남대		
STATgraph		1	Simulation	한남대		
System View		1	Simulation	한남대		

8. 기타사항

없음

SUMMARY

Radiocommunication has become indispensable part to everyday life of human beings. It is used in a growing number of services like national defense, public safety, business and industrial communications, broadcasting, personal communications, etc.

Radiocommunication systems utilize the radio-frequency (RF) spectrum which is a natural resource available equally to every country. But the RF spectrum is supposed to be limited by technology and management capability. Great capacity can be found within the spectrum when it is properly organized, developed, and regulated. Therefore, it is recommended by the International Telecommunication Union (ITU) that each country must develop methods to manage the spectrum efficiently and effectively for maximizing the benefits of this natural resource.

The ability of a society to maximize the benefits of the RF spectrum is closely dependent upon the ease and fairness, managed by each administration, with which users gain access to the spectrum.

Recognizing the importance of spectrum managers and national spectrum management, Korean Government has developed the Radio Frequency Management System (RFMS) in 2001, and has been operating in regional administrations, for facilitating efficient and effective national spectrum management and monitoring in Korea.

One of the main spectrum management functions is an engineering analysis which contains the topics such as frequency assignment and licensing, wave propagation, interference analysis, and sharing frequency bands.

Main purpose of this project is to provide systematical and technical ideas for improving the engineering analysis function in the RFMS, by deriving criteria for the automated selection of the adequate interference analysis and wave propagation models derived from the specified environmental and system parameters.

The important subjects dealt with in this project are as follows:

- 1) Study on basic concepts for interference analysis
 - o Establishment of interference scenario:

- ▶ scenario between fixed services
- ▶ scenario between mobile services
- ▶ scenario between fixed and mobile services

o Classification of radio stations and services:

based on ITU RR

o Establishment of system parameters:

mobile stations, base stations, fixed stations

o Sharing objectives and Criteria:

- ▶ definition of sharing objective and its application
- ▶ definition of sharing criterion and its application

2) Selection of adequate wave propagation algorithms:

- o characteristic analysis of wave propagation models recommended by ITU-R, as well as currently used in RFMS
- o achieving the automated selection of the most appropriate propagation algorithm, among the ones provided in the RFMS

3) Study on interference analysis algorithms:

- o general methods
 - ▶ minimum coupling loss algorithm:
 - based on minimum receiver sensitivity

- deterministic methodology
- ▶ enhanced minimum coupling loss algorithm:
 - calculation of separation required not to make interference between interfering source and wanted receiver
 - quasi-analytic methodology
 - applying link availability concept
- ▶ ITU-R SM.337 :
 - using concepts of FD and FDR
 - interference calculation and transforming into frequency and distance separations
- o methods according to systems used in different environments
 - ▶ ITU-R SM.337-4 :
 - intermodulation interference analysis in land mobile systems
 - ▶ ITU-R F.1095:
 - coordination area determination through analysis of fixed radio-relay stations
 - ▶ ITU-R F.1096:
 - analysis of line-of-sight interference in radio-relay systems due to terrain scattering

► ITU-R F.1334:

- establishment of protection criteria by way of interference analysis between LMS and FS

► ITU-R F.1402:

- establishment of sharing criteria by way of interference analysis between FWA and MWA

► ITU-R P.452-10:

- interference analysis between earth stations at 0.7~30GHz

4) Extraction of criteria applicable to interference analysis algorithms:

- o applicable criteria of interference analysis algorithms
 - extraction of automated selection of the most appropriate interference analysis algorithm, with respect to frequency and systems to be applied
- o protection ratios for different systems according to ITU-R recommendations

5) Proposal of methodology for automated selection of propagation algorithms and interference analysis methods:

- o providing the RFMS with the function of automated

- selection of propagation algorithms and interference analysis methods
- o illustrative example to apply the proposed function in the RFMS

The results obtained in this project are expected to provide efficient procedures for coordinating and licensing requested frequencies and radio stations, and thereby to improve the ability of the RFMS.

목 차

제 1 장 서 론	1
제 2 장 전파 간섭 분석을 위한 기본 개념	6
제 1 절 개 요	6
제 2 절 간섭 시나리오 설정	9
제 3 절 공유 목표치 및 공유 기준	19
제 3 장 전파 예측 알고리즘 연구	
제 1 절 개 요	24
제 2 절 전파예측 알고리즘 및 채택 기준 연구	25
제 4 장 간섭 분석 알고리즘 연구	31
제 1 절 개 요	31
제 2 절 일반적 간섭 분석 기법	32
제 3 절 시스템 별 간섭 분석 알고리즘	59

제 5 장 간섭분석 알고리즘 적용 기준	102
제 1 절 개요	102
제 2 절 간섭 알고리즘 선택 기준 연구	102
제 3 절 권고 보호비 기준	104
제 6 장 전파예측 및 간섭분석 알고리즘 자동 선택 ..	119
제 1 절 개요	119
제 2 절 간섭 분석 알고리즘 자동 선택 및 활용 프로그램	119
제 7 장 결 론	128
참고문헌	131

표 목 차

표 2-1. 우리 나라 전파법에서 정하는 무선국 분류	10
표 2-2. ITU-R 전파규칙에서 정하는 무선업무 분류	11
표 3-1. RFMS에 적용되고 있는 모델들의 파라미터 비교	27
표 3-2. 추가된 ITU-R 권고 모델의 파라미터 비교	28
표 3-3. 전파전파 알고리즘 선택 기준	30
표 4-1. 예를 위해 가정한 LMRS 파라미터	54
표 4-2. 다른 두 시스템 사이의 간섭에 대한 OCR(dB)결과	55
표 4-3. 주파수 이격 Δf (kHz)와 필요한 거리 이격 D (km)	56
표 4-4. 지형 산란의 형태에 따른 γ 의 값	68
표 4-5 (a) 1-3GHz 에서 동작하는 디지털 전파중계시스템의 기술적 특성	68
표 4-5 (b) 1-3GHz 대역에서의 점대다점 시스템의 기술적 특성 .	70
표 4-6. LMS에서의 공유 파라미터	71
표 4-7. FWA기지국과 MWA기지국을 위한 가정된 시스템 파라미터	85
표 4-8. 기본 입력 데이터	92
표 4-9. 무선 기상 지역	95

표 4-10. 경로 구분 및 필요한 모델	96
표 4-11. 경로 프로파일 분석으로부터 얻어지는 파라미터의 값 .	96
표 4-12. 전체적인 예측을 하는 방법	97
표 4-13. nominal 클러스터 높이와 거리	101
표 5-1. 간접 알고리즘 선택 기준	103

그림 목 차

그림 1-1. RFMS의 구성 및 활용 분야	3
그림 2-1. 전파간섭 분석 및 공유기준 설정을 위한 전체과정 흐름도	8
그림 2-2. 간섭원인 고정 송신국이 희생 이동 수신국 들에 간섭을 주는 경우	14
그림 2-3. 간섭원인 기지국이 희생 고정 수신국에 간섭을 주는 경우	14
그림 2-4. 간섭원인 실외 이동국들이 희생 고정 수신국에 간섭을 주는 경우	15
그림 2-5. 간섭원인 고정 송신국이 희생 기지국에 간섭을 주는 경우	15
그림 4-1. two-signal third-order 수신기 혼변조 간섭 분석에 대한 FD 규칙	58
그림 4-2. 수신기 혼 변조 간섭 블록도	60

그림 4-3. 키홀 조정 거리에 대한 기본 개념	62
그림 4-4. 존재하는 국과 제안된 국의 조정	64
그림 4-5. 지형으로부터의 산란 모형	67
그림 4-6. 간섭 모델	83
그림 4-7. 이격 거리의 계산	86
그림 4-8. B_p 계산	87
그림 4-9. 시골 지역에서의 수신 전력 거리 예측 특성	89
그림 4-10. 이격 거리 계산	91
그림 6-1. 전파 분석 흐름도	121
그림 6-2. 전파예측을 위한 창	123
그림 6-3. 간섭 분석을 위한 입력 창	124
그림 6-4. 간섭 분석 결과	126

제 1 장 서 론

전파관리시스템(RFMS : Radio Frequency Management System)은 무선국 인허가를 위한 기술적 심의 시 신규 무선국과 기존 무선국과의 상호 간섭여부 판정 등 전파분석 업무의 효율화와 유한한 전파자원 관리의 효율성 증대를 위하여 2001년 1월부터 서울 체신청을 비롯한 8개의 지방 체신청에 설치 운용되고 있다. RFMS의 운용과정에서 실무진들에 의해 제기된 기능향상에 대한 요구사항들과 RFMS의 전파전파 분석관리 모듈에서 전파분석을 위해 사용되고 있는 전파전파 예측 알고리즘들의 개선 보완 필요성들을 반영할 시점에 이르렀다. 즉, 한정된 전파자원의 효율적 이용을 위하여 RFMS 기능 강화 사업의 일환으로서 전파이용환경에 적합한 개선된 전파예측모델 설정과 전파간섭분석 기술이 필요하게 되었다. 또한 전파간섭에 따른 민원 해결을 위하여 전파전파 예측모델과 전파 간섭분석기준의 상호이해를 가능케 해주는 지침의 필요성도 제기되고 있다.

현재 사용중인 RFMS는 전파환경 분석을 위한 세 가지 모듈(지형정보 관리, 지형자료 관리, 지형 분석 관리), 전파전파 예측 기술에 관련된 세 가지 모듈(전파전파 분석관리, 분석정보 관리, 측정정보 관리), 스펙트럼관리, 간섭영역, 전파월경 등의 분석을 위한

스펙트럼 분석관리 모듈, 무선국 체원 관리 모듈 그리고 시스템 관리를 위한 세 가지 모듈 등 총 11가지 모듈로 구성되어 있다 [1](그림 1-1 참조).

그 중에서 전파전파 분석관리 모듈과 스펙트럼 분석관리 모듈은 밀접한 관계를 가지고 운용되고 있다. 전파전파 분석 관리 모듈에서 신규 무선국 인허가 신청 시 주어진 파라미터들을 활용하여 기존 무선국과의 간섭여부 및 간섭량을 계산함으로써, 무선국 허가 신청 지점과 체원에 관련된 무선국 인허가 여부에 대한 기술적 심의가 이루어지며, 이들 결과들은 스펙트럼 분석관리 모듈에서 국내외 전파월경 분석, 간섭영역 분석 등에 활용되도록 구성되어 있다.

하지만 사용되는 무선 서비스에 따른 무선국의 종류, 사용 환경 등에 따른 정확한 전파전파 모델의 선택 및 이에 따른 적절한 전파간섭 분석 기준 및 분석방법의 도출과 사용, 그리고 분석결과 주어진 기준을 만족하지 않을 경우 주파수 이격, 거리 이격 등에 대한 제시를 해주는 방안의 부족으로 인하여, RFMS의 활용도 및 신뢰도가 낮은 실정이다.

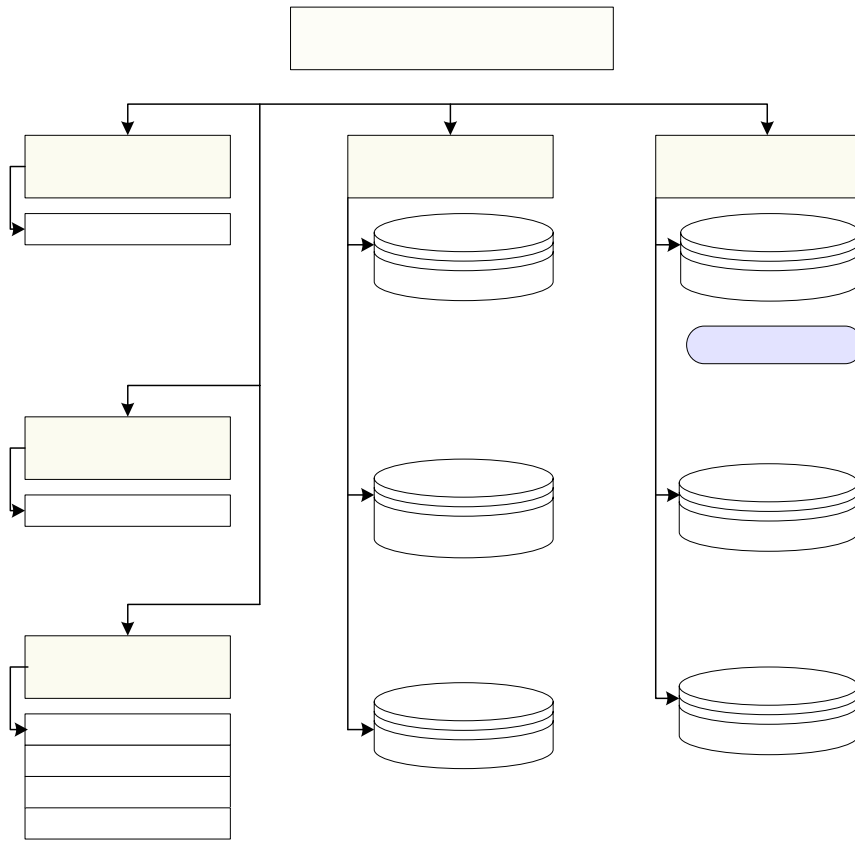


그림 1-1. RFMS의 구성 및 활용 분야

따라서 본 연구에서는 RFMS의 기능 개선 지원 차원에서 RFMS에서 지원하는 전파전파 예측 알고리즘들을 적재 적소에 효율적으로 선택할 수 있는 방법론과 함께 RFMS를 활용한 전파 간섭 분석 기준 안 도출을 목표로 연구를 수행하였다.

최종 보고서의 내용은 다음과 같다. 먼저 제 1 장은 서론으로서, 본 연구의 필요성, 관련 연구동향, 목표 및 내용들을 담고 있다.

다. 제 2 장에는 전파간섭 분석을 위한 기본 개념으로서, 전파 간섭분석 및 공유 기준 설정을 위해 필요한 사항들로서 무선국과 무선업무 분류, 간섭 시나리오의 설정, 공유목표치 및 공유기준의 정의들에 관한 연구 결과가 정리되어 있다. 제 3 장에서는 RFMS에서 현재 사용하고 있거나 사용 가능성이 있는 전파전파 모델들을 ITU-R 권고에 근거하여 도출하여 특성분석을 통하여 분석 환경에 적합한 전파전파 모델을 도출하는 방법에 대한 연구 결과를 기술하였다. 제 4 장에서는 향후 RFMS에서 적용할 수 있도록, ITU-R 권고안 및 CEPT 내의 ERC에서 수행한 지상파 업무를 위한 간섭 분석 방법들 중 시스템 별로 적용을 할 수 있는 방법들과 일반적인 형태로 적용 가능한 간섭 분석 방법들로 나누어 연구한 결과를 기술하였다. 제 5장에서는 앞 장에서 연구된 간섭 알고리즘들을 바탕으로 하여 각 알고리즘들을 파라미터 별로 정리한 후, 이를 이용하여 간섭 분석에 있어 알고리즘을 쉽게 이용할 수 있도록 적용 기준을 마련하였다. 또한 ITU-R에서 권고하고 있는 각 시스템에 대한 보호비를 정리하여 무선국 허가 업무 시 간섭 분석을 통한 공유 가능성 판단 여부를 위해 사용될 수 있도록 하였다. 또 제 6장에서는 지금까지 연구된 간섭 분석 알고리즘 및 전파예측 알고리즘의 선택 기준과 보호비 기준 분석을 통하여 얻어진 결과를 활용함으로써, RFMS에 연동하여 분석을 위한 환경 및 입력 파

라미터에 따라 자동적으로 필요한 분석 알고리즘을 선택할 수 있는 프로그램을 제안하였다. 또한 최종적으로는 간접 분석 후 공유 여부 판정과 함께 공유 불가능 판정 시, 송신 전력 제한, 주파수 이격 또는 거리 이격 제시 등을 통한 공유 방안을 자동으로 설정할 수 있도록 예를 통하여 그 방법을 제안하였다. 마지막으로 제 7장에서는 본 연구 결과를 종합 정리하였다.

제 2 장 전파 간섭 분석을 위한 기본 개념

제 1 절 개 요

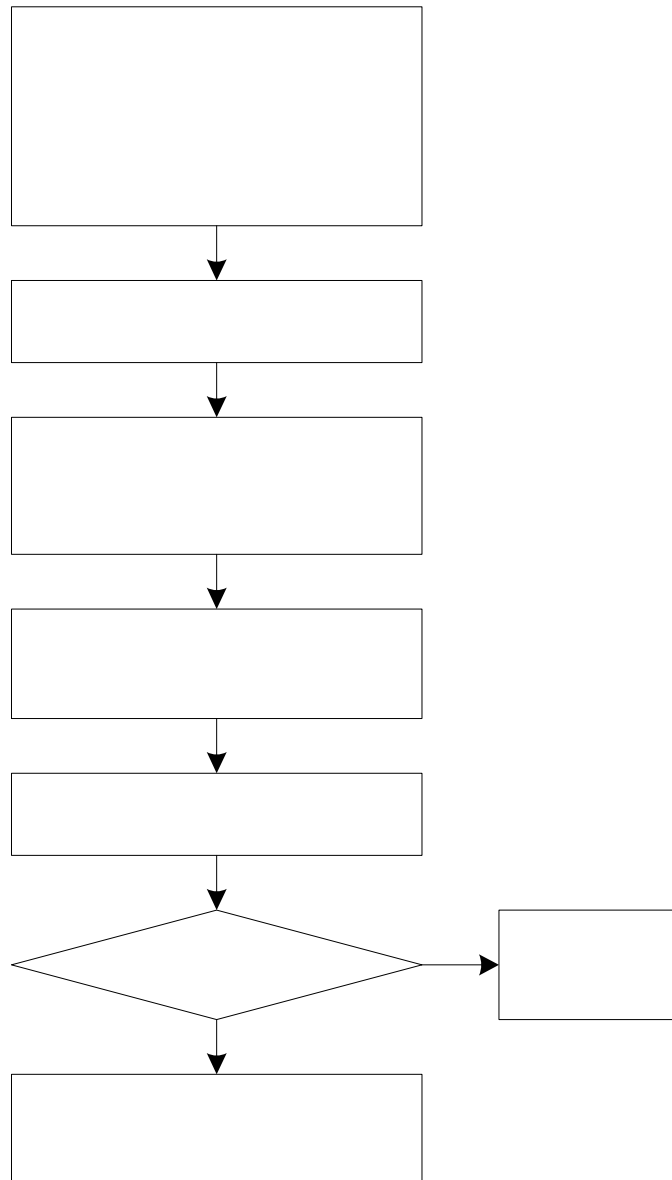
RFMS를 신규 무선국의 허가 또는 치국 설계 등에 활용할 수 있도록 하기 위한 전파 간섭분석을 위한 기준 및 지침을 마련함으로써 RFMS의 활용도를 높일 수 있게 된다.

신규 무선국 허가 신청 요청이 있을 경우, 기존에 이미 설치 운용되고 있던 무선국들이 존재하는 전파환경 내에서 새로운 무선국의 인가를 위해서는 이들 무선국간의 정확한 전파 간섭분석을 통하여 상호 간섭이 허용 기준치 이하가 될 경우에만 신규 무선국 운용을 허가할 수 있다. 만일 허용 기준치를 초과하는 간섭을 주거나 받게 되는 신규 무선국은 무선국 송신 전력을 제한하는 등의 적절한 조치를 취한 후 다시 허가 신청을 하여야 한다. 만일 이러한 파라미터의 변경이 불가능할 경우, 주관 청에서는 신규 무선국이 기존의 것과 동일채널을 공유하느냐 인접채널을 사용하느냐에 따라 상호 간섭이 허용 기준치 이하가 될만한 지리적(거리) 이격 또는 주파수 이격을 준 후 새로운 무선국을 허가할 수 있다. 이러한 방법은 무선국 치국 설계 시에도 유용하게 사용될 수 있다.

무선국 허가를 위한 전파 간섭 분석 및 새로운 무선국 및 기존의

무선국 간 공유 기준 설정을 위해서는 먼저 분석하기 위한 간섭 시나리오를 설정하는 것이 필요하다. 또한 희생 시스템이 정상적으로 동작하기 위한 공유 목표치의 설정과 간섭 시나리오와 간섭 분석 알고리즘의 적절한 선택이 뒤따라야 한다. 그와 아울러 적정 전파전파 알고리즘을 선택하여야 하며, 이 후에 간섭 분석이 수행되어야 한다. 간섭분석을 위해서는 적정 전파전파 알고리즘의 선택뿐만 아니라 간섭시나리오와 간섭분석 알고리즘의 복잡성, 정확도 및 수행시간에 따라 어떤 것을 선택할 것이냐가 결정될 수 있다

이후 공유 여부를 판단하기 위한 과정을 수행하는데, 이 경우 간섭 송신 원으로부터의 간섭 전력에 의해 영향을 받는 희망 희생 무선국이 기 설정된 공유 목표치를 만족하는지 여부를 판정하게 된다. 만일 정해진 공유 목표치를 만족하는 경우에는 인허가 업무의 다음 단계로 진행하게 되고, 만일 정해진 공유 목표치를 만족하지 못하는 경우에도 단순히 신청을 반려하기보다는 동일채널 간섭인지 인접채널 간섭인지를 고려하여 지리적(거리)나 주파수 이격에 따른 공유 가능 기준을 제시하여 주는 것이 바람직하다. 이러한 전파간섭 분석 및 공유 기준 설정을 위한 전체적 과정의 흐름도가 그림 2-1에 보여진다.



1. 동
- 분석
2. 대
- 미터
3. 전

그림 2-1. 전파간섭 분석 및 공유기준 설정을 위한
전체 과정 흐름도

본 장의 나머지 부분에서는 지금까지 간략히 설명된 전체 과정

을 세부 과정별로 나누어 자세히 살펴보도록 한다.

제 2 절 간섭 시나리오 설정

무선국 허가의 단위를 정하고, 적절한 주파수 분배를 행하거나, 혹은 각 무선국에 적용할 감도 규율을 정하고 운용하는 등의 전파 자원의 인허가와 관리의 편의성을 위하여, 무선국이 행하는 업무와 그에 따른 국 종을 일정한 범주 내에서 분류, 정의한 규정이 필요하다. 따라서, 국제 전기통신 연합(ITU: International Telecommunication Union)의 전파규칙(RR : Radio Regulations)에는 무선통신업무를 고정업무, 고정위성업무 등에서 특별업무에 이르기까지 42가지로 분류하고 있으며[2], 고정국(FS : Fixed Station), 이동국(MS : Mobile Station), 우주국, 지구국 등 38가지의 무선국들로 나누어 규정하고 있다. 우리 나라에서도 이와 유사한 분류를 하여 사용하고 있으나 우리 나라 형편에 맞게 간이무선국 등 몇 가지 무선국과 무선 업무를 추가 또는 제외하여 41개의 무선국과 32가지 무선업무로 구분하여 사용하고 있으며, 이동중계국, 이동국, 육상국 등 몇 가지 무선국과 무선업무의 정의에 있어서 ITU-R 규정과 조금 다른 정의를 사용하고 있다[3]. 우리 나라 정보통신부에서 규정한 무선국들과, RR에 규정된 무선업무들을 알기 쉽게 정리한 결

과가 표 2-1과 표 2-2에 각각 보여진다. 그러나 국제 표준에 따라 ITU-R에서 규정하는 업무 및 국 종의 정의 및 분류를 따르는 것이 세계화 추세에 부응하는 관점에서 바람직한 방안이 될 것이다.

전파간섭 분석 및 공유기준 설정을 위한 과정을 수행하기 위해서는 먼저 사용하는 무선국 및 무선업무가 규정되어야 하며 이에 따른 사양이 주어지게 된다. RFMS에서는 ITU-R에서 사용하는 모든 무선업무와 그와 관련된 무선국종을 위해 사용될 수 있도록 최

표 2-1. 우리 나라 전파법에서 정하는 무선국 분류

고정국		위성 업무 국	해안기지국		우주국
방송국			선박지구국		지구국
육상국	해안국		항공지구국		비상국
	항공국		항공기지구국		실험국
	기지국		육상 지구국		아마추어국
육상국	선박국		기지지구국		기상원조국
	선상통신국		이동지구국		간이무선국
	항공기국		육상이동지구국		EPIRB국
	육상이동국		위성방송국		무선조정국
	휴대국			무선항행국	무선항행우주국
	이동중계국				무선항행이동국
표준 주파수 및 시보국		무선탐지구		무선탐지육상국	
실용화 실험국				무선탐지이동국	
EPIRB 위성표지구		무선방송탐지구			
전파 천문국		무선표지구			

표 2-2. ITU-R 전파규칙에서 정하는 무선업무 분류

고정				고정 위성			
이동	육상이동			위성 간			
	해상 이동	안전	항만 운용	우주운용			
			비항만 운용				
	항공 이동	항로	안전업 무	이동위성	육상이동위성		
					해상이동위성		
		비항로			항공이 동위성	항로	
	무선 항행	해상무선항행				비항로	
		항공무선항행					
	무선탐지			무선측위 위성	무선항 행위성	해상무선 항행위성	
	항공무선 항행위성						
방송				무선탐지위성			
기상원조				방송위성			
표준주파수 및 시보				지구탐사위성			
아마추어				표준 주파수 및 시보 위성			
안전				우주연구			
특별				아마추어 위성			
전파천문				지구탐사위성		기상위성	

중 목표를 가지고 있지만, 현재는 지상과 업무와 그에 관련된 이동국과 기지국, 고정국, 육상 이동국 들에만 적용될 수 있도록 되어있다.

현재의 RFMS에서는 위성업무를 제외한 지상과 업무 중 방송업

무를 제외한 고정 및 이동업무에 적용 가능하다. 고정업무에서는 송신 및 수신을 위한 고정국들이 사용되고, 이동업무를 위해서는 이동국과 기지국을 고려하게 된다.

한편, 고려되는 무선국들이 서로 동일 채널을 사용하느냐 인접 채널을 사용하느냐에 따라 사용되는 파라미터 및 무선국 환경을 포함한 무선국들에 관련된 특성들이 달라지며, 간섭 허용 기준치 또는 목표치(간섭 보호비 등)도 달라지고, 간섭분석을 위한 방법에서도 약간의 차이가 나게 된다. 동일채널 간섭은 지리적 경계를 넘어서 발생하게 되고, 인접채널 간섭은 주파수 경계를 넘어서 발생하게 되므로, 무선국 허가 또는 치국 설계를 위한 간섭 허용 기준치를 만족하도록 하기 위해서는 일반적으로 동일채널 경우에는 지리적(거리) 이격을 조절하여야 하며, 인접채널 경우에는 주파수 이격을 조절하여야 한다.

또한 전파 간섭 분석을 위한 시뮬레이션 기법 도출 관점에서 살펴볼 때, 동일채널 간섭과 인접채널 간섭 메커니즘의 근본적 차이점은 인접채널 간섭 분석을 위해서는 동일채널 간섭 메커니즘에다가 송신기의 불요방사, 수신기의 블로킹 성능 부분이 아울러 더 고려되어야 한다.

RFMS에서 사용 가능한 업무 사이의 간섭 분석을 위한 시나리오들은 다음과 같은 형태로 구분 지워 고려할 수 있다.

- ▶ 고정 업무 사이의 간섭 시나리오
- ▶ 이동 업무 간 간섭 시나리오
- ▶ 고정 업무 및 이동 업무 간 간섭 시나리오

일례로서, 1~3 GHz 대역에서 육상 이동업무를 행하는 간섭 송신원에 의해 고정 업무를 행하는 희생 시스템에 미치는 동일채널 간섭의 영향을 고려한 간섭 시나리오를 살펴보도록 한다[4].

주어진 시스템 사이의 간섭분석 및 공유기준 도출을 위해서 이동국(MS : Mobile Station)과 기지국(BS : Base Station) 사이에서 고려되는 네 가지 기본적 간섭 경로들은 다음과 같이 정리된다. 즉,

◎ 순방향 링크 :

- ▶ 고정국이 실외 이동국들에 간섭을 주는 경우 (FS -> MS)
(그림 2-2 참조)
- ▶ 기지국이 고정국에 간섭을 주는 경우 (BS -> FS)
(그림 2-3 참조)

◎ 역방향 링크 :

- ▶ 실외 이동국들이 고정국에 간섭을 주는 경우 (MS -> FS)
(그림 2-4 참조)

▶ 고정국이 기지국에 간섭을 주는 경우 (FS -> BS)

(그림 2-5 참조)

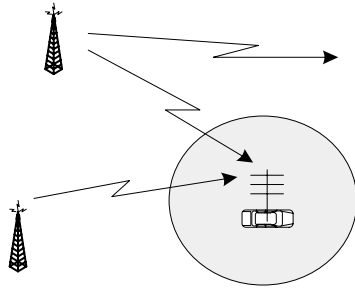


그림 2-2. 간섭원인 고정 송신국이 희생 이동 수신국들에
간섭을 주는 경우

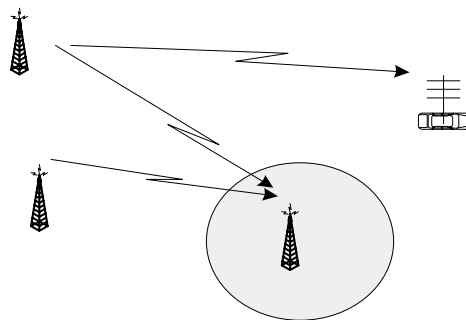


그림 2-3. 간섭원인 기지국이 희생 고정 수신국에
간섭을 주는 경우

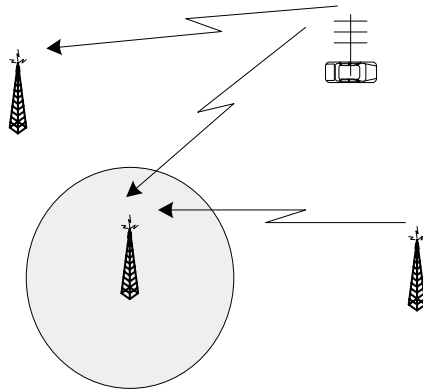


그림 2-4. 간섭원인 실외 이동국들이 희생 고정 수신국에
간섭을 주는 경우

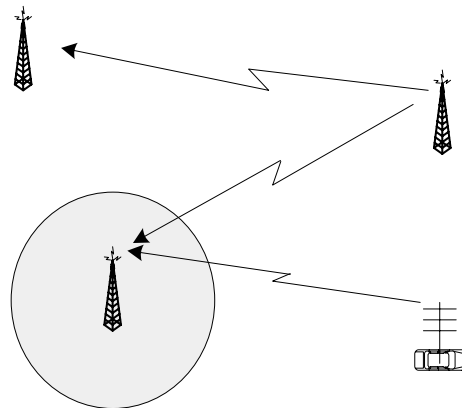


그림 2-5. 간섭원인 고정 송신국이 희생 기지국에
간섭을 주는 경우

일반적으로, 고정국(FS)과 이동국(MS) 간의 동일채널 운용의 경우, 고정국이 받는 간섭이 심각할 경우가 많다[3]. 주어진 무선국들의 사양 값들 및 간섭의 영향을 받는 희생 수신기의 공유 목표치를 사용하여 무선국 시나리오에 따라 간섭분석을 수행한 결과를 바탕으로 거리 이격(동일채널 간섭 분석 경우)의 함수 값으로서 공유 기준을 제시할 수 있다.

한편, 본 예를 위해 사용되는 주어진 무선국들의 특성을 규정하는 사양 값들은 다음과 같은 파라미터들에 따라 결정되어질 수 있다.

◎ 고정국 시스템:

- 변조 종류 (참조)
- 안테나 이득[dBi]
- 송신전력[dBW]
- 실효등방성 방사전력
(EIRP : Equivalent Isotropic Radiation Power)[dBW]
(안테나 이득이나 송신전력이 주어져 있지 않은 경우)
- 잡음 층(Noise Floor)[dBW]
- 대역폭[MHz]
- 최대 간섭량[dBW](I/N 이 주어진 경우 : $I/N + \text{Noise Floor}$)

이외에도 고정 시스템의 운용과 관계하여 다음과 같은 특성들을 고려할 수 있다.

- 일반적으로 확실한 페이딩 및 비페이딩(non-fading) 주기들에 의해 특징지어지는 전파전파 본질. 여기서, 페이딩은 있음직한 방해 효과를 포함한 변칙적인 전파전파 조건들(종종, 늦은 밤이나 아주 이른 아침동안)의 결과로서 일어남
- 운용시 flat 페이딩 마진, 통상 30~40dB
- 주요 오류 메커니즘. 낮은 용량 시스템(10Mbit/s)에 대해서는 이는 (분산효과라기보다는) 신호레벨 페이딩이 됨
- 성능 요구조건들. 이들은 ITU-R 권고서들 F.594-4, F.634-4, F.696-2, F.697-2, F.1092-1 및 F.1189-1들에 기술되어 있음 [5-10]

◎ 육상이동국(LMS) 내의 시스템 :

- 인터페이스 종류
- 접속방식 : TDMA, FDMA, CDMA 등
- 이중화방식 : TDD, FDD 등
- 송신전력[W]
- 안테나 이득[dBi]

- 실효등방성 방사전력

(EIRP : Equivalent Isotropic Radiation Power)[dBW]

(안테나 이득이나 송신전력이 주어지지 않은 경우)

- 잡음 층(Noise Floor)[dBW]

- 채널 대역폭[kHz]

- 최대 간섭량[dBW](10% 외부간섭 I)

- 주파수 재사용 클러스터

- 채널당 간섭 이동국 수

이외에도 IMT-2000 운용의 주요 특징 고려사항으로서 개인국의 이동특성을 고려하여 다음과 같은 사항들이 부가적으로 포함될 수 있다.

- 빌딩 등에 의한 반사, 회절의 영향으로 인한 다중경로 전파 특성

- 운용 페이드 마진의 통계적 특성

- IMT-2000 서비스영역 내에서 나타나는 이동국(MS)의 랜덤 위치 특성. 이로 인해 통계적으로 변화하는 간섭 환경 야기

- MS 트래픽 양의 하루 중 변화 특성. 즉, 근무시간 중인 낮에는 통화량이 많고, 이른 아침이나 늦은 밤에는 아주

적을 것임

- 성능 요구조건들. 이들은 인터페이스 종류에 따라 만족할 만한 성능 요구치, 즉 공간을 또는 시간율로 표현 가능

제 3 절 공유 목표치 및 공유 기준

1. 공유 목표치

공유 목표치(Sharing Objectives)란 공유가 실행 가능하도록 하기 위해 고려되는 조건들로서 정의된다[4].

스펙트럼 사용 효율을 최대화시키기 위해서는 각 시스템들의 관련 특성들에 대한 고려가 필요하다. 그 후, 희망 대 간섭 전력비를 위한 요구조건(즉, 간섭 보호비)에 대한 정의가 필요하며 간섭 대 잡음 전력비에 대한 요구조건이 필요한 경우도 있다. 이때 희망 및 간섭 신호 전력들의 통계적 분포가 포함되어야 할 경우도 있다.

다음 식(2-1)에 기술된 통계적 공유 목표치들은 무선국 간 공유를 위한 일반적 지침을 세우기 위한 것이다. 여기서 파라미터 A와 B 값들은 개별적 시스템들의 성능 목표치를 반영하기 위해 요구된다.

$$\text{Prob}[I_p \geq A(\text{dBm})] < B \quad (2-1)$$

여기서, I_p 는 희생 시스템의 수신기로 들어오는 간섭 원으로부터의 전력임.

식(2-1)의 의미는 다음과 같다. 즉, 간섭전력이 간섭대상(희생) 수신기의 성능 목표치를 만족하는 전력 값 A 를 초과하게 되는 확률이 B 이하가 되면 공유 목표치를 만족하여, 희망 시스템과 간섭 시스템이 주어진 환경 하에서 공존할 수 있음을 의미한다.

이 경우, B 값은 다음과 같이 결정된다 : 고려 대상 시스템들의 종류, 특성 등에 따라 시간율, 공간율, BER(bit error ratio), ES(errrored seconds), SES(severely errored seconds), SESR(severely errored second ratio), 비가용도(Unavailability) 등의 기준에 따른 희생 시스템의 목표치가 설정된다.

다음으로 A 값은 다음과 같이 결정된다 : 주어진 간섭보호비(PR : Protection Ratio)를 만족하지 못하는 간섭대상(희생) 수신기로 들어오는 간섭전력 값이 된다.

사용하는 시스템에 따른 PR 들은 제 5장에 자세히 정리되어 있다.

2. 공유 기준

공유 기준(Sharing Criteria)이란 각 공유 목표치들을 규정하기 위하여 요구되는 간섭 및 피 간섭 무선국 사이의 지리적(거리) 또는 주파수 이격으로 정의된다.

이제 이들 무선국 사이에 공유 목표치를 만족하도록 하는 공유 기준의 원리를, 간섭 원으로부터 희생 수신기로 들어오는 총 간섭 전력량 또는 총 손실 전력량의 관점에서 살펴보도록 한다.

먼저 간섭 원으로부터 희생 수신기로 들어오는 총 간섭 전력량의 관점에서 살펴본 공유 기준은 다음 식(2-2)와 같다.

$$U_{\max} > U_t \quad (2-2)$$

여기서,

U_{\max} = 희생 수신기가 공유 목표치를 만족(즉, 정상 동작)

하기 위한 간섭 신호원으로부터의 최대 간섭 전력
요구량

U_t = 간섭 신호원으로부터 희생 수신기로 들어오는 실제

총 간섭 전력량

다음은 간섭원으로부터 희생 수신기로 들어오는 유입되는 간섭

전력량이 전파전파 경로에 따른 손실 량의 관점에서 살펴본 공유 기준은 다음 식(2-3)과 같다.

$$L_t > L_{min} \quad (2-3)$$

여기서,

L_{min} = 희생 수신기가 공유 목표치를 만족(즉, 정상 동작)하기 위해 간섭 신호원과 희생 수신기 사이에 요구되는 간섭신호원의 최소 손실 전력 요구량

L_t = 간섭 신호원과 희생 수신기 사이의 간섭 신호 전력의 실제 총 손실 전력량

식(2-2) 또는 (2-3)으로 표현된 간섭 전력량 또는 손실 전력량이 공유 목표치를 만족하는지의 여부의 판정을 하기 위한 공유 기준을 위해서는, 우선 간섭 시나리오에 근거한 간섭 신호원과 희생 수신기 사이, 그리고 희망 신호원과 희생 수신기 사이의 전파전파 모델 및 희생 수신기로 들어오는 희망 신호와 간섭 전력 사이의 간섭 분석이 필수적이다.

RFMS에서 사용 중 또는 사용 가능한 전파전파 모델의 종류 및 전파 환경에 적합한 전파 모델의 선택 방법과 간섭 분석을 위해 사용될 수 있는 기법과 그를 위해 필요한 파라미터 종류 등에 대

한 앞 절의 연구 결과를 활용하여, 전파 간섭 분석을 수행할 수 있다. 한편, 간섭 분석 결과 공유 기준을 만족 못하는 경우, 동일 채널 간섭분석인지 인접 채널 간섭분석인지 또는 혼변조(Intermodulation)인지의 영향에 따라 공유 기준을 만족하도록 간섭 신호원과 희생 수신기 사이의 지리적 경계(거리) 이격 또는 희망 신호원과 간섭 신호원 사이의 주파수 이격을 주는 기법에 대한 연구 수행 결과 및 RFMS에의 적용 방안 연구결과가 제 4장부터 기술되어 있다.

제 3 장 전파 예측 알고리즘 연구

제 1 절 개 요

무선국 허가 신청 시 허가를 위한 전파 간섭 분석 및 새로운 무선국 및 기존의 무선국 간 공유 기준 설정을 위해서는 앞장에서 다룬 간섭 시나리오의 설정과 관련 시스템들의 파라미터 및 무선국과 무선업무에 관련된 사항들을 바탕으로 한 전파전파 간섭 분석을 행하게 되는데, 이를 위해서는 사용하는 무선업무의 종류 및 환경에 적합한 적절한 전파전파 알고리즘을 선택하는 것이 중요하다.

본 장에서는 RFMS에서 현재 사용하고 있는 전파전파 기법 (Modified Hata, Modified COST 231-WI, Ray-tracing, Microwave, ITU-R radar, free space)들과 ITU-R에서 권고하는 향후 사용 가능성이 있는 기법들에 대한 특성 연구를 통하여, 이들 중 사용하는 전파환경에 적합한 전파전파 알고리즘을 자동으로 선택하는 기준 및 방법에 대한 연구 결과를 기술하였다.

제 2 절 전파예측 알고리즘 및 채택 기준 연구

본 절에서는 분석하고자 하는 전파 환경에 적절한 전파예측 알고리즘의 선택 기준 설정을 위하여 RFMS에서 채택하여 사용하고 있는 알고리즘과 향후 사용될 것으로 예측되는 알고리즘들의 파라미터 및 특성들, 전파예측 방법 등에 대하여 분석해 보았다. 이렇게 분석된 결과를 이용하여 각 알고리즘의 특징적인 파라미터별로 정리 후, 전파전파 알고리즘의 선택 기준을 정리하였다. 현재 RFMS에서 사용하고 있는 모델은 Modified Hata 모델을 비롯한 6가지 모델들이며, 이들 이외에 VHF/UHF 대역에서 지상업무를 분석할 수 있는 모델들로서 P. 1546, P. 370, P. 1146, P. 529, P. 452, P. 617에 대한 연구를 수행하였다[1,11-17]. 위의 각 알고리즘들을 각각의 파라미터별로 분류하여, 서로의 입력 파라미터 비교를 통하여 모델 선택을 위한 공통 파라미터를 추출하고 좀 더 세부적인 부분까지 모델을 비교하여 모델 선택의 우선 순위를 비교해 볼 수 있었다. 각 모델의 적용 환경과 파라미터에 따른 우선 순위들을 도출해냄으로써 전파 환경과 주어진 입력 파라미터에 따른 전파 모델 적용 시 자동적 우선권을 부여할 수 있도록 할 수 있다.

1. 전파전파 알고리즘의 선택 기준

표 3-1은 현재 적용되고 있는 알고리즘들을 적용 파라미터에 대하여 비교한 것이다. 이들을 보면 대부분 모델이 이동 통신 업무에 국한되어 있는 것을 볼 수 있다. 그렇지 않은 다른 모델들은 특수한 상황에 적용 가능한 알고리즘 들이다.

각 모델의 적용 가능 지역 또한 도심 환경의 macro-cell 정도로 국한되어 있다. 이들을 보강하기 위해 표 3-2에 있는 알고리즘들을 추가하였다.

표 3-2는 새로이 추가된 알고리즘들을 비교한 것이다. VHF/UHF 대역의 주파수에 대하여 적용 가능한 알고리즘들로 이동업무, 방송업무 등을 포함한 지상 업무를 위한 알고리즘들이다.

각 모델들은 적용거리로 약 1000km 정도까지를 확보하므로 국내 환경에 모두 적용 가능함을 알 수 있다. 안테나 높이 또한 1m 이상으로 이동 통신 등 다양한 업무에 활용할 수 있음을 보여주고 있다.

입력 파라미터를 비교해 본 결과 P. 1546 모델은 다른 비교된 모델들의 파라미터를 모두 포함하고 적용 가능 상태 또한 모두 포함하고 있는 것을 알 수 있다. 이들은 대부분 전 지역에 대한 커버리지를 갖는데 비교된 알고리즘들이 실측 데이터를 기반으로 출력을 얻어내는 방법이므로 이들의 측정 지역에 대한 정보로 적용 지

역을 분류하였다

표 3-1. RFMS에 적용되고 있는 모델들의 파라미터 비교

파라미터	Modified Hata	Modified COST 231-WI	Ray -tracing	Microwave	ITU-R Radar
주파수	30~3000 MHz	800~2000 MHz	300MHz ~100GHz	700MHz ~30GHz	30~3000 MHz
업무	이동통신	이동통신	RLAN, 이동통신	지구국 서비스 간섭	Radar 시스템
거리	1~5km	0.02~5km	1km 이내	특별하지 않다.	제한없음
단말기 높이	Tx:37.5~1200m Rx:0~10m	Tx:4~50m Rx:0~3m	Tx:37.5~1200m Rx:0~10m	제한없음	제한없음
시간을	적용안됨	적용안됨	적용안됨	0.001~50%	제한없음
공간을	적용안됨	적용안됨	적용안됨	적용안됨	제한없음
입력	주파수	o	O	o	o
	거리	o	O	o	o
	Hx	o	O	o	x
	시간을	x	X	o	x
	Profile	x	X	o	x
	G.cover	o	O	x	x
	경위도	x	X	o	x
	Geometric data	x	O	o	x
	건물높이	x	O	x	x
출력	전파손실	경로손실	경로손실, Delay spread	경로손실	경로손실
적용	Cellular 통신	PCS 통신	Urban 환경, 1km 이내의 짧은경로전파	Micro파의 전파	목표물 반사전파

표 3-2. 추가된 ITU-R 권고 모델의 파라미터 비교

파라미터		P. 1546	P. 1146	P. 529	P. 370
주파수		30 ~ 3000 MHz	1 ~ 3 GHz	30MHz ~ 3GHz	30MHz ~ 1000MHz
업무		지상 업무	육지이동 방송업무	육지이동 업무	방송 업무
거리		1 ~ 1,000km	1 ~ 500km	VHF:10 ~600km UHF :1 ~ 100km	10km ~ 1000km
형식		point to area	point to area	point to area	point to area
시간율		1~50%	1~99%	VHF : 1, 10, 50% UHF : 50%	1, 5, 10, 50
공간율		1~99%	1~99%	특별하지 않음	1~99%
Terminal 높이	Tx	0 ~ 3000m	1m 이상	20m ~ 1km	1200m
	Rx	≥ 1m	1 ~ 30m	1 ~ 10m	1.5m~40m
입 력	주파수	O	O	O	O
	거리	O	O	O	O
	송수신 안테나 높이	O	O	O	O
	시간율	O	O	O	O
	공간율	O	O	X	O
	Ground cover	O	X	O	X
	Terrain information	O	O	X	X
	Path classification	O	X	X	X
	Terrain irregularity	X	X	X	O
	TCA	O	X	X	O
출력		전계강도			
적용		지상국 업무 전 지역	평평한 open 환경	VHF : rural환경 UHF:urban환경	반파장다 이폴사용

위의 분석 결과로써 주파수와 업무에 의해 크게 모델의 적용 범위를 분류할 수 있고, 여기에 적용 환경 분류를 모델 선택 기준 파라미터로 활용할 수 있다. 따라서 사용자에게 의해 분석 지번과 주파수, 업무를 입력받은 상태에서 전파 알고리즘을 선택할 수 있다. 여기서 거리는 각 모델의 적용 가능한 송수신 간 거리로 방송 업무 등 커버리지가 넓은 경우 더 긴 거리에 대하여 적용 가능한 것을 볼 수 있다. 따라서 거리는 선택 기준으로 사용하지 않고 모델의 적용 환경을 분석하는 하나의 지표로 삼도록 한다.

표 3-3은 각 모델을 분석한 결과에 따라 적용 환경 및 선택 기준 파라미터에 대하여 나타낸 것이다.

표 3-3의 결과에서 알 수 있듯이 시간율, 공간율 등의 파라미터는 사용자의 전파 분석을 위한 파라미터일 뿐 선택을 위한 조건이 될 수 없다. 따라서 모델 선택을 위한 기준으로 주파수, 업무에 대하여 분류하고 적용 환경을 선택할 수 있도록 하였다. 각 모델의 적용 환경은 각 모델의 적용 거리를 분석하고, 실측 데이터를 이용하여 만들어진 모델의 경우는 실측 데이터가 측정된 지역의 특징을 분석하여 알아내었다. 여기에 사용된 실측 데이터는 대부분 온대 기후 지역에 대하여 측정되었으므로 기후에 대한 영향은 고려하지 않아도 가능하다고 보여진다.

표 3-3. 전파전파 알고리즘 선택 기준

모델	적용 범위			
	주파수	업무	거리	적용환경
Ray Tracing	0.3~100GHz	이동통신	1km 이내	도심지
Modified Hata	30~3000MHz	이동통신 (Cellular)	1~5km	도심지
Modified COST 231-WI	800~2000MHz	이동통신 (PCS)	0.02~5km	도심지
P.1146	1~3GHz	육지이동, 방송	1~500km	전지역(개방지)
P.529-VHF	30~300MHz	육지이동	10~600km	전지역(시골)
P.529-UHF	300~3000MHz	육지이동	20km 이하	도심지
P.370	30~1000MHz	방송	10~1000km	전지역
P.1546	30~3000MHz	지상 업무	1~1000km	전지역
Microwave	0.7~30GHz	지상국 업무, 간섭 예측	radio-horizon 이내	전지역
ITU-R radar	30~3000MHz (일반적 적용)	목표물 반사에 의한 전파	제한없음	자유공간
P.617	30MHz 이상	Trans-horizon 고정링크	100~1000km	전지역

제 4 장 간섭 분석 알고리즘 연구

제 1 절 개 요

희망(시스템)의 성능 및 스펙트럼 효율을 감소시키는 간섭의 영향을 최소화 시키기 위해서는 효과적인 환경적 분석 및 시스템 파라미터의 분석이 필수적이다. 주어진 무선업무 및 주파수 대역 내에서 허가된 시스템은 다른 시스템 사용자에게 허용치 이상의 간섭을 주지도 받지도 않아야 한다.

간섭을 방지하기 위해 고려되어야 할 주요 파라미터들로는 중심 주파수, 반송 주파수 이격, 주파수 안정도, 전송 형태(디지털 또는 아날로그, 그리고 사용 변조방식), 송신기 전력 또는 반송파 전력 및 최대 실효 등방성 복사전력, 대역폭 외 복사 레벨을 들 수 있다.

수신기 입력 단에서의 희망 신호는 주로 동일채널간섭, 인접채널간섭, 감도억압(또는 블로킹), 혼변조에 의한 메커니즘으로 나눌 수 있다. 이러한 간섭 형태가 주어졌을 때, 본 장에서 사용되는 여러 가지 ITU-R 간섭 분석 기법들을 활용하여 간섭 분석을 행한 후, 간섭보호비를 만족하도록 하기 위해 간섭원의 송신 출력을 조절하는 등의 파라미터 값 조절을 제안할 수 있다.

본 장에서는 향후 RFMS에서 적용할 수 있도록, ITU-R 권고안 및 CEPT 내의 ERC에서 수행한 지상과 업무를 위한 간섭분석 방법들 중 시스템 별로 적용을 할 수 있는 방법들과 일반적인 형태로 적용 가능한 간섭 분석 방법들로 나누어 연구한 결과를 기술하였다.

제 2 절 일반적 간섭 분석 기법

본 절에서는 일반적인 무선통신 시스템에 적용할 수 있도록 ITU-R 및 CEPT 내의 ERC에서 수행한, 간섭 원들로부터 대상 수신기에 미치는 간섭량에 대해서 일정한 통화품질을 유지할 수 있도록 요구되는 이격도(Isolation)[dB]를 산출해 내는 최소 결합 손실(MCL : Minimum Coupling Loss) 기법과 강화된 MCL(E-MCL : Enhanced MCL) 기법 그리고 ITU-R에서 권고하고 있는 SM.337 방법을 다루었다[18,19].

MCL은 단일 고정 간섭 원이 대상 시스템에 미치는 최악의 상황을 고려한 기법이며, E-MCL은 여러 개의 간섭원이 고려될 수 있는 준 해석적인 방법이다. 따라서 MCL은 분석과정 및 결과가 확률적이 아닌 결정적(deterministic) 이나 E-MCL 분석 기법은 확률적으로 해석된다.

1. 최소 결합 손실 기법

ERC 내 연구그룹(WG) SE에서는 국가적 요구조건을 위한 규정과 일치된 대역 계획 체제를 적용하도록 하기 위한 목적을 가지고, 무선서비스간 최소 주파수 이격(또는 보호대역)설정을 위한 통일된 방법을 개발하려고 노력하여 왔다. 그 중 하나가 최소 주파수 이격 및 간섭 거리(적절한 전파전파 모델을 적용함) 설정을 위하여 최소 수신기 선택도(sensitivity)에 기반을 둔 MCL 기법이다. 하지만 조정되지 않은 기반에서 운용되는 실제 시스템들은 본 기법을 사용하여 얻어진 결과들에 비해서 훨씬 적은 최소 주파수 이격을 가지고도 매우 만족하게 운용되므로, 본 기법에 의해서 얻어진 비관적 결과들에 대한 우려의 목소리가 높았었다. 이를 보완할 수 있는 기법들이 나왔는데 대표적인 것으로서 E-MCL이 있다.

하지만 본 MCL에 관한 연구는 나름대로의 의의를 가진다. 만일 본 기법을 통한 보호대역 설정 기법이 성공적으로 유도된다면, E-MCL 기법에 의한 보호대역 설정 기법이 완성될 경우 최악의 경우에 대한 기준으로서의 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

MCL과 E-MCL기법들 각각에 대하여 이동국(MS)과 기지국(BS) 사이의 모든 조합들에 대한 시나리오들 (즉, MS로부터 MS로의 간섭, BS로부터 BS로의 간섭, MS로부터 BS로의 간섭, BS로부터 MS로의 간섭)이 고려될 수 있다. 각 기법들에 대하여 이들 각 경우들

이 사용되도록 권고한다[20].

각 간섭 시나리오에 대하여 다음 사항들을 고려할 필요가 있다 :

- 불요복사(Unwanted Emission) :
 - 간섭장비로부터 대상 수신기의 수신 대역 내로 들어오는 분리된 채널(off-channel) 잡음
 - 희망신호에 대한 동일채널 간섭으로 작용함
 - 일반적으로 원천(source)에서만 제거 가능
- 블로킹(Blocking) :
 - 대상 수신기의 수신 대역으로 들어오는 수신기 수신감도를 저하시키는 강한 신호
 - 일반적으로 대상 수신기에서만 제거 가능, 하지만 대부분 경우 간섭원의 전력제어 및 입지선정의 효율화로 상황 개선 가능
- 인접채널 제거(Adjacent Channel Rejection)
- 송신기 혼변조(Transmitter Intermodulation)
- 수신기 혼변조(Receiver Intermodulation)

시스템간 간섭 시나리오에 대해서는 불요복사 및 블로킹이 호환성 문제를 야기시킬 수 있는 주요 메커니즘들이다.

‘시스템’ 관점에서 살펴보면, 불요복사 및 블로킹은 시나리오와 관련된 ‘간섭 링크’의 각 양쪽 끝으로 간주될 수 있다. 따라서 ‘시스템 내’ 간섭 설계를 위해서는 이론적으로 이 두 가지 메커니즘이 균형을 이루어야 한다. 하지만 시스템간 간섭을 고려하는 경우의 계산에서는, 포함된 사양들에 따라 한 가지만이 지배적이 된다.

주의할 점은, 불요복사는 대상 수신기의 대역폭으로 변환되어야 하며, 반면에 블로킹 노출 계산시에는 수신기 블로킹은 단지 간섭 신호의 전체 전력에 좌우된다고 가정하며, 대역폭 변환이 적용되지 않는다는 것이다.

MCL기법은 간섭원과 대상 수신기 사이에 간섭이 존재하지 않도록 요구되는 이격도(Isolation)를 계산한다[20]. 이 기법은 사용하기가 간단하고 실행을 위한 컴퓨터가 요구되지 않는다. 본 기법의 결정적인 약점은, 이것이 최악의 경우에 대한 분석이며 통계적 본질을 지닌 시나리오들에 대해서는 불충분한 스펙트럼 분석 결과를 생성한다는 것이다.

대상 수신기는 기준 선택도보다 3dB 이상에서 연속적으로 운용된다고 가정한다. 간섭은 대상체의 보호비를 유지하기 위하여 잡음충(Noise Floor)으로 제한되어야 한다. 경로손실 공식은 물리적 이격을 통하여 얼마나 격리시킬 수 있는지를 결정할 수 있도록 선택되어야 한다. 중앙 경로손실(Median Path Loss)가 사용되며 페이딩은

고려되지 않는다. 본 기법에서는 간섭원들의 통계적 분포는 사용되지 않는다.

두 가지의 MCL 공식들이 본 보고서에서 고려되는 시나리오들을 위해 사용된다. 이들은 불요 복사와 수신기 블로킹의 두 가지 간섭 효과를 포함한다.

불요복사 분석 공식은 다음과 같다.

이격 =

$$P_{INT} + dB_{BW} + MC_{INT} + G_{VICT} + G_{INT} - (S_{VICT} - C/I_{VICT}) + f(dB_{cINT}, P_{INT})$$

여기서, P_{INT} = 간섭원의 최대 송신 전력

dB_{BW} = 간섭원과 대상체 사이의 대역폭 변환 인자

MC_{INT} = 간섭원이 기지국이고 둘 이상의 캐리어를 가질 때를 고려한 다중 반송파 마진

G_{VICT} = 대상체 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

G_{INT} = 간섭원 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

S_{VICT} = 대상체의 선택도

C/I_{VICT} = 대상체의 보호비

$f(dB_{cINT}, P_{INT})$ = 간섭원의 반송파 전력에 관련된

으로서, 고려되는 주파수 오프셋에서의 광대역 잡음전력으로 정의되는 함수.

수신기 블로킹 분석 공식은 다음과 같다.

$$\text{이격} = P_{INT} + MC_{INT} + G_{VICT} + G_{INT} - f(B_{VICT}, S_{VICT})$$

여기서, P_{INT} = 간섭원의 최대 송신 전력

MC_{INT} = 간섭원이 기지국이고 둘 이상의 캐리어를
가질 때를 고려한 다중 반송파 마진

G_{VICT} = 대상체 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

G_{INT} = 간섭원 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

$f(B_{VICT}, S_{VICT})$ = 고려되는 주파수 오프셋에서 대상
수신기의 블로킹 성능.

2. 강화된 최소 결합 손실 기법

강화된 최소 결합 손실(E-MCL) 기법은 간섭원과 대상체 사이에 간섭이 존재하지 않도록 하는데 요구되는 이격을 계산한다. 이 기법은 몬테카를로 기법에 비해서는 간단하고 MCL에 비해서는 훨씬 복잡하다. 이것은 준 해석적 방법이며, 계산기나 컴퓨터 또는 두 가지를 모두 사용하여 구성할 수 있다.

고전적인 MCL과 비교한 E-MCL 기법의 주요 개선점은 다음과 같다 :

- 입력 값으로서 간섭원들의 최대 송신 전력 형태로 간섭 시스템

내의 링크 가용도(커버리지 품질)를 도입하기 위하여
이 최대 송신 전력은 셀 반경 및 간섭 시스템의 전체 셀내
의 고유(잡음만으로 한정) 링크 가용도의 함수이다. W.C.
Jakes 기법(마이크로파 이동통신)의 결과들이 최대 전력 값
예측을 위해 사용된다.

- 간섭 시스템 내에서의 전력제어 메커니즘을 도입하기 위하여.

여기서 고려할 점은, E-MCL 기법은 물론이고 MCL도
대상체 시스템 내에서 전력제어를 암시적으로 사용하고
있다는 것이다. 이는 대상 수신기 입력 단에서의 유용한
신호 레벨이 다른 모든 대상체 파라미터들(송신 특성 등,
전파전파 모델, 송신기와 수신기간 이격)과는 독립적으로
일정하다고 가정하고 있기 때문이다.

- 대상 시스템 내에서 링크 가용도 수치를 도입하기 위하여.

대상 수신기는 그의 기준 선택도보다 N dB (MCL에서 사용
하는 3 dB 대신에) 이상에서 연속적으로 동작하고 있다고
가정한다. 간섭은 수신기 잡음층과 간섭원 수신레벨의 선
형합이, 유용한 신호가 대상체 기준 선택도보다 N dB 이상
이라는 것을 고려한 대상체의 보호비를 유지하도록 제한되
어야 한다. N 이라는 수치는 대상 시스템내의 링크 가용도
에 관계되며, N 값이 크면 클수록 링크 가용도는 높아진다.

WG SE 중앙 경로 손실 공식은 요구되는 이격 값에 대응하여 대상체와 간섭원 사이의 이격 거리를 결정하도록 역으로 적용된다. 전력제어가 적용되는 경우에는 간섭원들이 균일분포(uniform distribution)되어 있다고 가정한다. 그 경우에는 각 간섭원 송신 전력 수치에 대하여 이격 및 그에 대응하는 이격 거리가 계산되며 가중합에 의해 평균 이격 거리가 얻어질 수 있다.

E-MCL기법은 두 공식들이 요구되는 격리값 계산을 위하여 사용된다. 하나는 불요복사 분석이며 나머지 하나는 블로킹 분석에 관한 공식이다.

불요복사 분석 공식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{이격} = & P_{INT} + dB_{BW} + MC_{INT} + G_{VICT} + G_{INT} - (S_{VICT} - C/I_{VICT}) \\ & + f(dB_{cINT}, P_{INT}) - 10\log(10^{N/10} - 1) \end{aligned}$$

여기서, P_{INT} = 간섭원의 최대 송신 전력

dB_{BW} = 간섭원과 대상체 사이의 대역폭 변환 인자

MC_{INT} = 간섭원이 기지국이고 둘 이상의 캐리어를 가질

때를 고려한 다중 반송파 마진

G_{VICT} = 대상체 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

G_{INT} = 간섭원 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

S_{VICT} = 대상체의 선택도

C/I_{VICT} = 대상체의 보호비

$f(dB_{cINT}, P_{INT})$ = 간섭원의 반송파 전력에 관련된 것으로,
고려되는 주파수 오프셋에서의 광대역
잡음전력으로 정의되는 함수

N = 대상 시스템 가용도를 고려할 때 사용되는 인자.

블로킹 분석 공식은 다음과 같다.

$$\text{이격} = P_{INT} + MC_{INT} + G_{VICT} + G_{INT} - f(B_{VICT}, S_{VICT}) - 10\log(10^{N/10} - 1)$$

여기서, P_{INT} = 간섭원의 최대 송신 전력

MC_{INT} = 간섭원이 기지국이고 둘 이상의 캐리어를 가질
때를 고려한 다중 반송파 마진

G_{VICT} = 대상체 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

G_{INT} = 간섭원 안테나 이득 (케이블 손실 포함)

$f(B_{VICT}, S_{VICT})$ = 고려되는 주파수 오프셋에서 대상 수신기
의 블로킹 성능

N = 대상 시스템 가용도를 고려할 때 사용되는 인자.

블로킹을 위한 이격 값 공식은 블로킹이 선형적 현상으로 간주
될 수 있다고 가정한다. 이 가정은 교란 레벨이 너무 높지 않을

경우 옳으며, 블로킹(감도억압) 효과는 수신기 입력에서의 간섭원 존재에 기인한 수신기 채널내의 국부 발진기 잡음레벨의 증가이다.

가. 링크 가용도 예측 기법

링크 가용도 예측을 위해 사용되는 기법으로서 보편적으로 사용되는 기법으로서 Jakes 기법이 있다.

평균 전파전파 모델은 다음과 같은 형태를 가진다고 가정한다.

$$\bar{x} = a - 10n \log(r/R),$$

여기서,

\bar{x} = 평균 수신 신호 레벨 [dBm]

a = 장비 특성들 (안테나 이득, 송신전력 등)에 좌우되는
인자

n = 전파지수 (Jakes 표기법)

R = 셀 반경

r = 송신기와 수신기 사이의 현재 거리.

또한 shadowing은 평균값 \bar{x} [dBm]과 표준편차 σ [dB]로 특징지어지는 로그노말(log normal) 분포에 의해 정의된다고 가정하고, W.C. Jakes는 그의 책 ‘Microwave Mobile Communications’ 2.5.2절과 2.5.3절에서 특정 시스템 가용도를 가정한 평균 신호강도 마진 예측을

위해 사용될 수 있는 곡선들을 유도하였다. 이 곡선들의 x 축 변수는 σ/n , y 축은 셀내(전체 영역 중 수신신호가 주어진 문턱값 x_0 은 $+ 10\text{dB}$ 과 같아야 함을 의미하며, 주어진 σ/n 값에 대하여, 이들 곡선들은 각 희망 전체 커버리지 품질을 경계에서의 커버리지 품질 $P_{x0}(R)$ 에 관련 지워준다. 수신 레벨 $[\text{dB}]$ 이 가우시안 분포인 경우, $[\frac{(x_0 - \bar{x}(R))}{\sigma}]$ 값에 대응하는 각 $P_{x0}(R)$ 값은 다음과 같다.

$$P_{x0}(R) = \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \text{erf} \left[\frac{(x_0 - \bar{x})}{\sigma\sqrt{2}} \right]$$

여기서 $(\bar{x}(R) - x_0)$ 은 희망 커버리지 품질을 얻기 위한 dB 마진을 나타낸다.

x_0 은 수신 신호 문턱 레벨이며, 위의 마진 수치로서 \bar{x} 이 유추될 수 있다. 또한 평균 전파전파 모델을 사용하여 셀 반경 R 이 결정될 수 있다. 예로서, $n = 3.5$ 와 $\sigma = 9 \text{ dB}$ 일 때, 95%인 전체 커버리지 품질은 그림 2의 곡선을 이용하면 $P_{x0}(R) = 0.87$ 에 대응하며, 이 값은 약 1.125σ (가우시안 분포)의 마진에 대응하고, 따라서 $\sigma = 9\text{dB}$ 이면 마진은 약 10dB 가 된다. 이것은 셀의 경계에서의 $\bar{x}(R)$ 은 $x_0 + 10\text{dB}$ 과 같아야 함을 의미하며, 최대 송신 전력이 (위의 평균 전파전파 모델내의 파라미터 ' α '로부터 나오게 되며) 계산될 수 있다.

한 가지 주의 할 점은, 위의 설명은 하향링크를 고려한 것이었으나 부가적으로 이 기법은 또한 상향링크에도 적용 가능하다.

또한 E-MCL에서와 마찬가지로 W.C. Jakes에서도 도입된 문턱 값 (기준 선택도)에 기인한, 고유 가용도 수치는 전력제어 시 (전력제어가 정상적 (이 의미는, 만일 PC 알고리즘이 최대 전력 이하의 송신전력을 물을 경우, 이 레벨 값을 사용하여 수신 신호가 수신기 선택도 이상이 될 경우를 말함)으로 동작하고 있고 실제 최대 전력이 W.C. Jakes 계산으로부터 얻어진 것과 같다는 가정 하에서)나 무 전력제어 시나 동일한 값을 가지며 신호가 문턱 값 이상 (또는 이하) 가 되는 셀 영역의 부분은 두 경우에 있어서 같게 된다.

나. E-MCL 기법에 있어서의 전력제어(간접 시스템)

대부분 이동 무선 시스템에서는, 이동국 송신기들은 전력제어 알고리즘을 사용하여 자동적으로 제어된다. 어떤 분석에서도 전력 제어 효과에 대한 고려는 중요하다.

E-MCL 기법을 위한 간략화된 수행 절차는 다음과 같다 :

- (1) 간접 시스템 내 각 셀 반경 (R_0)을 고려.
- (2) 다음과 같이 주어지는 거리에 따른 전파 감쇠현상을 고려.

$$A = 10a \log d + K$$

여기서,

A = 감쇠 [dB]

d = 송신-수신 거리

a = 전파 지수 (고전적 표기법)

K = 환경 적 가설에 따른 상수.

(3) 위의 반경 및 다른 입력 가설들 (특히, 간접 시스템에서의 커버리지 가용도나 링크 버짓 마진 등 (W.C. Jakes 기법))의 함수로서인 최대 이동 전력 (PM)의 결정.

(4) 셀내의 MS들 세트를 결정하기 위하여, 전력양자화 스텝 q 및 동적 범위 D 를 고려 :

$$PM, PM-q, \dots, PM-(i-1)q, \dots, PM-Lq(=PM-D)$$

여기서,

PM 은 dBm 단위

q 및 D 는 dB 단위,

i 및 L 은 정수 임.

(5) 각 전력 $P_i = PM - (i-1)q$ 에 대하여, 대응하는 이격 거리 (dsi) 가 적절한 전파전파 모델, 대상체 수신기와 교란 송신기들 (위의 이격 공식들 참조)과 대상 링크 운용 마진에 의해서 결정됨.

(6) 셀은 반경 (R_0)인 원에 의해 근사화 되며, L 개의 링과 하나의 작은 나머지 원에 의해 쪼개짐. R_0 와 R_1 에 의해 경계가 결정되는 첫 번째 링 (셀의 경계)에서는, 전력은 $P_1 = PM$ 임. R_{i-1} 와 R_i 에 의해 경계가 결정되는 i 번째 링에서는 전력은 $P_i = PM - (i-1)q$ 임.

R_{L-1} 와 R_L 에 의해 경계가 결정되는 마지막 L번째 링에서는, 전력은 $P_L = PM - (L-1)q$, 여기서 $L = D/q$, 임.

셀의 중심 둘레로, 반경 R_L 인 작은 원이 남게 되고, 이때의 전력은 $P_L = PM - Lq$ 가 됨.

반경 R_i 는 다음과 같이 결정됨 :

$$q = 10a \log(R_{(i-1)}^2 - R_i^2), \quad i = 1 \text{부터 } L.$$

전체 셀 면적 SC에 상대적인 i 번째 링 면적 S_i 는 다음과 같다 :

$$S_i = (R_{(i-1)}^2 - R_i^2) / R_{(0)}^2,$$

(나머지 원에 대해서는, $R_{(i-1)} = R_L$, 그리고 $R_i = 0$)

(7) 마지막으로 중앙 이격 거리는 다음과 같이 결정된다 :

$$\text{avg}(ds) = \Sigma(S_i)(ds_i), i = 1 \text{부터 } L + 1.$$

공식에서, 간섭원들이 균일 분포되어 있다고 가정한다. 전력제어가 가동되지 않을 경우에는 $\text{avg}(ds) = d_{s1}$ 이고, d_{s1} 은 단지 PM의 함수임에 유의한다.

다. E-MCL 기법에 있어서 무 전력제어(대상 시스템)

대상 시스템 내에서 송신기의 커버리지 영역을 고려할 때, 그 송신 전력 P_T 는 일정 (무전력 제어)하다고 가정한다. 셀 반경 (R_0) 은 주로 P_T 와 W.C. Jakes 기법 예에서 사용된 영역 내 커버리지 기대 품질에 의해 결정된다. 송신기로부터 거리 R_0 (즉, 경계)에서, 대응되는 링크 마진은 $N_0\text{dB}$ ($N_0 =$ (거리 R_0 에 대한 평균 수신 레벨) - (고유 수신기 선택도 레벨)) 이며 이 N_0 값은 일반적 E-MCL 기법에 있어서 이격도 공식에서 사용되며, 이는 대상 시스템 내에 전력제어가 포함되어 있음을 암시적으로 나타낸다.

전력제어를 제거하기 위하여, 반경 R_0 인 원은 여러 개의 링 세트 로 분리하며, 이 링들의 외부 반경은 $R_0 < R_1 < R_2 < \dots < R_L$ 이고 나머지 서브 영역은 송신기 주위로 반경 R_L 인 작은 원이 된다.

R_1, R_2, \dots 값들은, R_0 에 대해서는 링크 마진이 N_0 [dB]가 되고, R_1 에 대해서는 $(N_0 + n)$ [dB], R_2 에 대해서는 $(N_0 + 2n)$ [dB], ..., R_L 에 대해서는 $(N_0 + Ln)$ [dB] 와 같은 형태로 결정된다.

수치들 n 및 L 은 임의로 선택되며, 좀더 정확한 계산을 위해 미리 더 큰 L 값과 더 작은 n 을 선택할 수 있다.

$R_0, R_1, R_2, \dots, R_L$ 값들은 $n=10a\log(R_{L-1}-R)$, a 는 전파지수가 됨, 와 같이 결정된다.

반경 R_0 인 하나의 원에 상대적인 각 링 면적은 다음과 같다 :

$$S_l = (R_{(l-1)}^2 - R_l^2) / R_0^2,$$

l 이 증가함에 따라 S_l 은 감소하는 것은 명백하다.

링 l 내의 대상 링크 마진은 대략 $((N_0+2l-1)n/2)$ 가 되며 반경 R_L 인 나머지 원내의 마진은 무한대 (긍정적인 가정)로 가정한다.

이제 간섭 메커니즘을 고려하면, 대응하는 필요 이격도 공식 (불요복사 경우) 은 다음과 같다 :

$$\begin{aligned} \text{이격} = & P_{INT} + dBc_{INT} + dB_{BW} + MC_{INT} + G_{VICT} + G_{INT} - (S_{VICT} - C/I_{VICT}) \\ & - 10\log(10^{N/10} - 1) \end{aligned}$$

이 공식에서 N 은 $((N_0+2l-1)n/2)$, $l = 1$ 부터 L , 로 대치되고 각 수치 l 에 대해서 avg(dsl) 값 또는 dsl 값은 전력제어 메커니즘이 간

접 시스템 내에서 수행되느냐 아니냐에 따라서 계산된다.

마지막 남은 원에 대해서는 $\text{avg}(ds) = ds = 0$ 이 된다.

대상 수신기들이 대상 커버리지 영역 전체 (반경 R_0 인 원)에 적절히 분포되어 있을 때를 고려하면, $\text{avg}(dsl)$ 또는 dsl 의 세트의 가중 합은 대상 시스템 내에서 전력제어가 가동되지 않은 평균 효과로 예측될 수 있다.

$$dsNPC = \Sigma(dsl)(Sl)$$

$$\text{또는 } \text{avg}(ds) = \Sigma \text{avg}(dsl)(Sl), l = 1 \text{ 부터 } L.$$

대상 시스템 내에서의 ‘무전력 제어’를 고려하여 사용된 방법은 실제로 간섭 시스템 내에서 ‘전력 제어’를 고려하여 사용된 방법과 매우 유사함에 유의한다. 차이점들은, 첫 번째 경우에 있어서는 N (대상체 마진)이 변수이며 대상 커버리지를 어떻게 가르느냐 하는 것은 임의이며, 단지 희망 계산 정확도에 좌우된다는 것이며, 반면에 두 번째 경우에 있어서는 P_T (간섭원 전력)이 변수이며 간섭 커버리지를 어떻게 가르느냐 하는 것은 간섭원 전력 제어 알고리즘 (스텝 사이즈 및 동적 범위) 와 스푸리어스 한계 특성들 (dBc 또는 dBm 단위를 가짐)의 함수가 된다.

위에서 살펴본 바와 같이, 복잡성 면에서는 E-MCL 기법이 MCL

기법에 비해 불리하지만, 실제 무선통신 시스템에 적용 가능한 톨로서는 E-MCL 기법을 활용하는 것이 우수한 결과를 보여주게 된다. 따라서 사용자가 분석 환경을 고려하여, 적절한 톨을 선택하여 사용할 수 있다.

3. ITU-R SM.337

이 권고안은 주파수와 거리 이격에 대한 정의 및 주파수와 거리 이격의 적용 방안을 제시하고 있다.

가. FD, FDR에 대한 기본 수식

(1) 용어 정의

- FDR: 수신기 선택도 곡선에 의해 생성된 간섭 송신기 복사 스펙트럼 거부량의 척도
- FD: 동조된 주파수들 차이의 함수로서 표현되는 희생 수신기와 간섭원 사이에 요구되는 최소 거리 이격의 척도
- A (상대적 무선 주파수 보호비): 희망 및 간섭 전송 캐리어가 Δf 의 주파수 차를 가질 때의 보호비와 이들 전송기의 캐리어가 동일 주파수를 가질 때의 보호비 차[dB]

(2) 수신기 입력단에서의 간섭 레벨

- 수신기와 간섭원 사이에 일어나는 간섭 신호의 손실과 이득에 대한 함수

$$I = P_t + G_t + G_r - L_b(d) - FDR(\Delta f) \quad [\text{dBW}]$$

여기서,

$$P_t: \text{간섭원의 전송 전력} \quad [\text{dB}]$$

$$FDR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} P(f) df}{\int_0^{\infty} P(f) |H(f + \Delta f)|^2 df} \quad [\text{dB}]$$

G_t : 희망 수신기 방향에서의 간섭원 안테나 이득 [dBi]

G_r : 간섭원 방향에서의 수신기 안테나 이득 [dBi]

$L_b(d)$: 간섭원과 희망 수신기 사이의 거리 d 의 함수로 표현되는 기본 전송 손실 [dB]

(3) FDR의 구성

$$FDR(\Delta f) = OTR + OFR(\Delta f) \quad [\text{dB}]$$

여기서,

- ✓ OTR : 간섭송신기와 희생 수신기가 같은 주파수로 동조되었을 때, 간섭 송신 전력 스펙트럼이 희생 수신기의 대역폭을 초과하는 부분에 대한 거부량

- ✓ OFR : 간섭송신기와 희생수신기의 동조 주파수가 다를 때
의 거부량

OTR은 다음과 같다.

$$OTR = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} P(f) df}{\int_0^{\infty} P(f) |H(f)|^2 df} \quad [\text{dB}]$$

$$\approx K \log \left(\frac{B_T}{B_R} \right), \quad B_R \leq B_T$$

OFR은 다음과 같다

$$OFR(\Delta f) = 10 \log \frac{\int_0^{\infty} P(f) |H(f)|^2 df}{\int_0^{\infty} P(f) |H(f + \Delta f)|^2 df} \quad [\text{dB}]$$

나. 무선시스템에서의 주파수와 거리 이격 결정 방법

(1) 방법

- 간섭 계산
 - 스펙트럼 인자(spectral factor)

- 간섭 송신기의 스펙트럼 특성과 희생 수신기의 주파수 응답에 의존
- 정확한 계산을 위해 송신기 전력 스펙트럼 밀도와 같은 요소들에 대한 정확한 지식이 필요
- 희생 수신기에 대한 등가 IF 주파수 응답 특성 필요
- 수신기의 IF 주파수 응답 모델링을 위한 기반 자료로써, 6dB와 40dB 등의 IF 단계의 대역폭을 제조사 사양으로 사용 가능

이때, 스펙트럼 인자는 다음과 같은 채널분리 저지인자(OCR : off-channel rejection factor) [dB]에 의해 표현된다.

여기서 $OCR(\Delta f)$ 은 $FDR(\Delta f)$ 과 동일한 식을 의미한다.

$$OCR(\Delta f) = -10 \log \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} P(f) |H(f + \Delta f)|^2 df}{\int_{-\infty}^{+\infty} P(f) df}$$

여기서

$P(f)$: 간섭 신호의 전력 스펙트럼 밀도 [W/Hz]

$H(f)$: 희생 수신기의 등가 IF 주파수 응답

Δf : 희생 수신기와 간섭 송신기 사이의 주파수 이격

➤ 공간 인자(Spatial factor)

- 신호 감쇠에 관계된 거리 계산에 사용, 희생 수신기의 입력단에서 간섭 신호의 통계적 분포와 사용되는 전파 모델에 관계 됨

● 간섭 기준

희망 신호 레벨과 간섭 신호 레벨의 차가 주어진 보호비보다 클 때 간섭 기준을 만족한다고 할 수 있다. 즉,

$$P_d - P_i \geq \alpha$$

여기서, P_d : 희망 신호 레벨[dBW]

P_i : 간섭 신호 레벨[dBW]

α : 보호비[dB]

(2) 절차 - FD 이격 규칙 절차

- ① 희생 수신기 입력단에서의 희망 신호 P_d 결정
- ② 희생 수신기 입력단에서의 간섭 결정 레벨 P_i 계산

$$P_i = P_t + G_r - L_p - OCR(\Delta f)$$

여기서,

P_t : 간섭 송신기의 eirp [dBW]

G_r : 등방성 수신 안테나 이득[dBi]

L_p : 전파 경로 손실

- ③ 위에 주어진 P_d 와 P_i 를 대입하고, 간섭이 허용될 수 있는 정도를 주파수 이격 Δf 와 거리 이격 d 의 관계에 따라 계산

(3) 육상 이동 무선 시스템(LMRS)에의 응용

위에서 기술한 간섭 계산 절차를 육상 이동 무선 시스템에 적용한 예를 들어 보면 다음과 같다. 이때에 시스템 파라미터는 표 4-1과 같이 가정한 예를 사용하였다.

표 4-1. 예를 위해 가정한 LMRS 파라미터

최소 희망신호 전력, P_{min}	-145dBW
요구 보호비, α	18dB
기지국 안테나 높이, h_b	75m
운용 주파수, f	450MHz
기지국 송신 e.i.r.p	20dBW
기지국 수신 안테나 이득	0dBi
등가 상대 유전율, ϵ	30
등가 도전율, σ	$10^{-2} S/m$

● 간섭모드

- base to base
- base to mobile
- mobile to base

■ mobile to mobile

- simple system – 모든 간섭 모드 존재

- duplex system – base to mobile, mobile to base 만 존재

● base to base 간섭 – 회절 전파 모델

base to base 사이의 경로손실은 다음과 같이 표현된다.

$$L_{P_{bb}} = L_{FS} - L_{DIF/FS}$$

여기서, L_{FS} : 자유 공간에서의 경로 손실

$L_{DIF/FS}$: 자유 공간에서의 회절 손실

● 결과

- 스펙트럼 형태

위 시스템에서 다음 두 가지의 스펙트럼 형태를 고려한다.

- 경우 1 : 12.5kHz 시스템에 25kHz 시스템의 간섭

- 경우 2 : 25kHz 시스템에 12.5kHz 시스템의 간섭

표 4-2. 다른 두 시스템 사이의 간섭에 대한 OCR(dB)결과

Δf (kHz)	경우1: OCR(Δf)[dB]	경우2:OCR(Δf)[dB]
0	0	0
12.5	26.4	29
25	57.7	58.8
37.5	57.7	59

- 공간적 형태

표4-1, 4-2 내용과 공간 변화 인자가 17dB, 육상 이동 시스템의 90% 커버리지가 32km 일 때의 희망 수신기 전력 레벨은

$$P_d = P_{min} - L_{VF} = -128\text{dB} \text{ 가 된다.}$$

그러므로 이 때의 허용 간섭 레벨은 $P_d - \alpha = -146\text{dBW}$ 이고, 주파수 이격과 거리 이격은 표 4-3과 같다.

표 4-3. 주파수 이격 Δf (kHz)와 필요한 거리 이격 D (km)

Δf (kHz)	경우 1 및 경우 2: D (km)
0	107.5
12.5	72.5
25	33
37.5	33

(4) 혼변조 FD 규칙

동일채널 간섭과 인접채널 간섭이 해결 된 경우에도, 이동 시스템은 혼변조에 의한 간섭의 영향도 고려하여야 한다. 희망 및 간섭의 두 개의 송신기가 존재하는 시나리오에서 희생 수신기 입력단에서의 혼변조를 방지하기 위한 최소 거리를 확보하여야 한다.

● 가정 :

- 1) 수신기 안테나 이득이 수신기 총 손실과 같음
- 2) 잡음이 존재할 때, SINAD(signal-to-interference ratio

including noise and distortion) 를 12dB로 유지하기 위한 최소 희망 신호 레벨의 평균은 -145dBW

3) 자유 공간 경로 손실 사용

4) 모든 송신기는 동일한 eirp(=20dBW) 사용

● 410-470MHz 대역에서의 간섭 전력 :

$$P = 2P_N + P_F - 0.57 - 60\log(\delta f)$$

여기서, P : 희생수신기에서의 간섭 전력 레벨

P_N : 희생수신기의 주파수로부터 가장 가까운 주파수를 갖는 전송기로부터의 수신 전력

P_F : 희생수신기의 주파수로부터 가장 먼 주파수를 갖는 전송기로부터의 수신 전력

δf : 가장 가까운 주파수와 가장 먼 주파수를 갖는 전송기들 사이의 주파수 분리도

캐리어 주파수 460MHz를 사용할 때, 만일 $d \cdot \delta f \leq 0.17$ 이면, 두 신호의 3차 혼변조가 발생할 수 있다.

여기서,

✓ d : 제안된 기지국과 현존하는 기지국 사이의 거리

✓ 간섭전력 레벨과 최소 희망 전력레벨 사이의 보호 마진 : 6dB

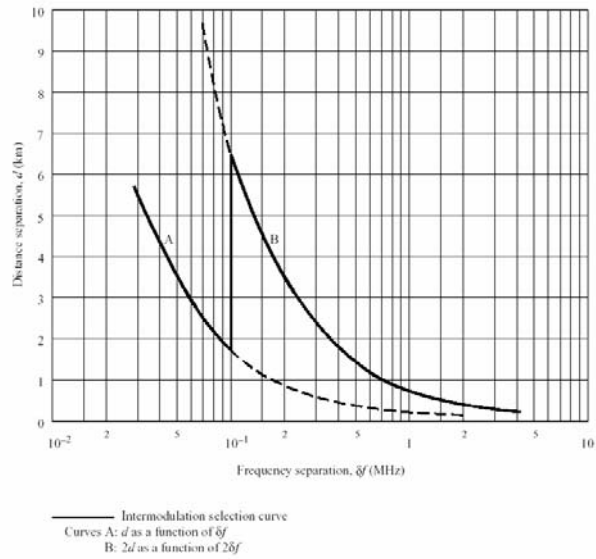


그림 4-1. two-signal third-order 수신기 혼변조
간섭 분석에 대한 FD 규칙

제안된 기지국이 원거리의 송신기 또는 가까운 거리의 송신기에 의해 혼변조의 희생 수신기가 될 수 있기 때문에, 곡선 B는 그림 4-1에 표현된 것과 같이 FD 규칙 정립을 위하여 곡선 A와 함께 사용되어야 한다.

제 3 절 시스템 별 간섭 분석 알고리즘

본 절에서는 ITU-R 권고 알고리즘들 중 RFMS에 적용하기 위해 지상업무에서 시스템 별로 적용 가능한 알고리즘들을 자세히 분석하였다[21-27].

1. ITU-R SM.1134

이 권고안은 육상 이동 업무를 위한 혼변조 간섭을 계산하기 위한 방법을 제시하고 있다. 혼변조 간섭 모델은 수신기 혼변조(RXIM) 모델과 송신기 혼변조(TXIM) 모델로 분류된다.

가. 수신기 혼변조(RXIM) 분석 모델

- 혼 변조 간섭 전력

$$P_{ino} = 2(P_1 - \beta_1) + (P_2 - \beta_2) - K_{2,1}, \quad P_{ino} = 2P_1 + P_2 + 10 - 60\log(\sigma f)$$

여기서,

$$\sigma f = \frac{\Delta f_1 + \Delta f_2}{2}, \quad \beta(\Delta f) = 60\log[1 + (\frac{2\Delta f}{B_{RF}})^2]$$

- P_1, P_2 : 주파수 f_1, f_2 에 대한 각각의 간섭 신호 전력

- P_{ino} : 주파수 $f_0(f_0=2f_1-f_2)$ 에서의 3차 혼변조 전력

- $K_{2,1}$: 세 번째 혼 변조 계수임. 3차 혼변조 측정이나 장비

사양으로부터 획득 가능.

나. 수신기 혼변조 간섭 특성

그림 4-2는 수신기의 혼변조 간섭에 대한 블록도를 보여준다. 여기서 G_s 는 희망 신호 발생기이고, G_{11} 과 G_{12} 는 간섭 신호 발생기이다. 이 신호들은 수신기 입력단에 적용된다. 이 때 G_{11} 과 G_{12} 는 동일한 전력 레벨을 갖는다.

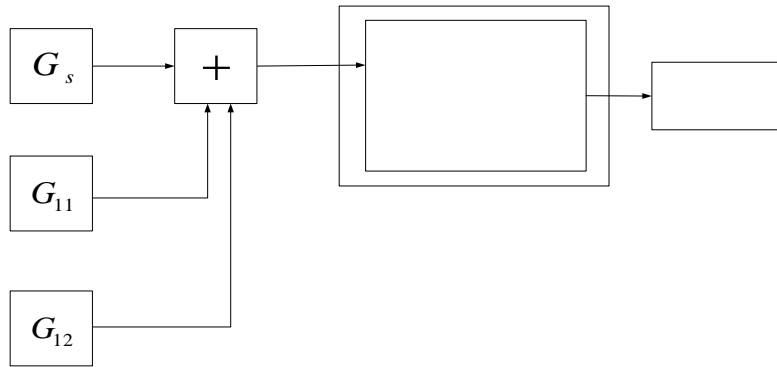


그림 4-2. 수신기 혼 변조 간섭 블록도

- 혼 변조 간섭 전력

$$P_{ino} = 3P_1(IM) - 2\beta(\Delta f_0) - \beta(2\Delta f_0) - K_{2,1}$$

여기서,

$$P_{ino} = P_{sr} - A$$

P_{sr} : 무선 수신기 민감도 (dBW)

$P_I(IM)$: 수신기에서 측정된 혼 변조 민감도(dBW)

다. 수신기 혼 변조 분석 절차

- 혼 변조 간섭 발생 조건

$$\text{또는} \quad -\frac{B_{FI}}{2} < 2\Delta f_1 - \Delta f_2 < \frac{B_{FI}}{2}$$
$$P_s - P_{ino} < A$$

라. 송신기 혼 변조 전력

$$P_i = P'_2 - \beta_{12} - \beta_{10} - K_{(2),1} - L_{10}$$

2. ITU-R F.1095

여기서는 고정 업무의 전파중계(radio-relay) 시스템 운용 시의 조정 지역을 결정하는 방법에 대하여 설명한다.

본 권고서 특징:

- 고정 전파 중계국 사이에 존재할 간섭의 확률을 계산하기 위한 국의 수를 결정하는 수학적 방법을 제시
- 마이크로 웨이브 안테나의 방향성으로 인해, 키홀 개념이 조정 거리 분석 절차를 위해 사용

- 키홀 개념 : 마이크로 웨이브 국의 주 빔(키홀 지역)을 따라 큰 거리 고려, 이 지역에 대한 간섭 가능성 고려
- 키홀 지역 이외의 지역은 그림 4-3에 나타나는 것보다 짧은 조정 거리를 필요로 함. 키홀 지역에 대한 조정 거리를 위한 명시된 많은 그림들과 주 빔을 벗어난 지역들은 안테나의 형태와 사용된 주파수에 따라 달라짐.

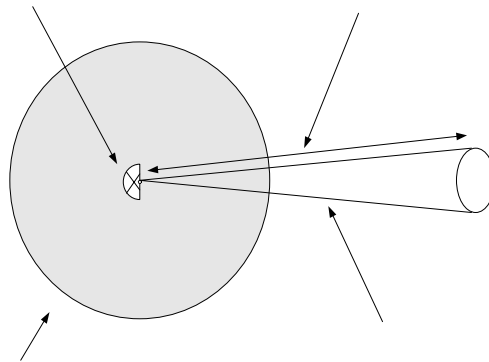


그림 4-3. 키홀 조정 거리에 대한 기본 개념

(2) 조정거리 계산

희생국에 의해 수신된 간섭 신호 전력과 간섭국으로부터의 거리 사이의 관계에 의해 다음 식과 같이 얻어진다.

$$I = P_T + [G_R - D_R(\theta)] - L(d) + [G_T - D_T(\theta')]$$

여기서,

- I : 간섭국으로부터 거리 d 만큼 떨어진 지역에서의 전력(dBm)
- P_T : 간섭국 안테나의 입력부에서의 참조 대역폭에 대한 최대 전송 전력 레벨(dBm)
- G_T : 간섭국의 전송 안테나 이득(dBi)
- G_R : 희생 수신국의 수신 안테나 이득(dBi)
- D_T : 다른 각 θ' 에서의 송신 안테나의 안테나 판별(dB)
- D_R : 다른 각 θ 에서의 수신 안테나의 안테나 판별(dB)
- $L(d)$: 지구 곡률에 대한 총 경로 손실(dB), 이때 $K=1.33$

● 전파중계 내부 시스템 간섭 분석 예

- 65dB이상 되는 C/I비를 가정한 경우 : $C-I \geq 65$

여기서,

- C : nominal수신된 희망 신호전력(dBm)
- I : 최대 허용 간섭 전력(dBm)
- $C \geq P_T + [G_R - D_R(\theta)] - L(d) + [G_T - D_T(\theta')] + 65$
- 다른 각 θ 에서의 조정 거리 d 는 간섭국의 판별 패턴

$D_T(\theta')$ 의 다른 값을 사용하여 계산될 수 있음

(3) 조정 거리와 신뢰도의 관계

그림 4-4에 보이는 바와 같이, 현존하는 무선국과 제안된 무선국 사이의 조정 지역에 대한 개념이 제시되어 있다.

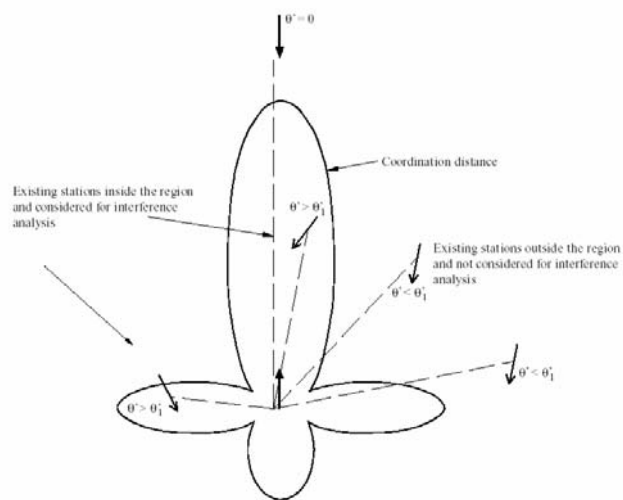


그림 4-4. 존재하는 국과 제안된 국의 조정

- 여기서, 조정 거리는 $\theta' = \theta'_1$ 일 때 얻어짐
- 현존하는 무선국 방향으로 $\theta' > \theta'_1$ 의 조건을 만족하는 제안된 국은 모두 간섭국으로 포함됨
- 희생 무선국이 조정 거리에 의해 규정되는 영역 밖에 위치한 무선국들로부터 간섭의 영향을 받을 유한한 확

를 존재(그림 4-4 참조)

조정 거리에 의해 규정된 영역 밖에 위치한 제안된 무선국과 현존하는 무선국의 배열 확률

$$P(\theta') = N_1 / N_t$$

여기서,

- N_1 : 제안된 무선국을 향한 빔 방향각이 θ' 보다 작게 되는 영역 밖에 위치한 현존하는 무선국의 개수
- N_t : 고려된 지역 내의 현존하는 무선국의 총 개수
- N_1 은 $2\theta'$ 의 각 폭 내에 있는 국의 수를 계산함으로써 얻을 수 있음

최악의 경우에 이러한 모든 국들은 $\theta' = \theta_1$ 에서 얻어진 조정 거리에 의해 규정된 지역 밖에 존재할 수 있다. 따라서 조정 거리에 관련된 간섭 확률은 다음 식과 같이 표현된다.

$$P_i(\theta'_i) = N_{i_{\max}} / N_t$$

여기서, i 는 θ_1 크기 창에 대응한다.

- 안테나 배열이 최악일 경우, 마이크로웨이브 무선국의 분포가 균질이며 랜덤하게 형성된 것으로 가정한 상태에서의 간섭 확률은

다음과 같이 표현된다.

$$P_i(\theta'_i) = \theta'_i / 180$$

- 조정 절차의 정확성을 나타내는 조정 거리 신뢰성은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$R_i(\theta') = 1 - P_i(\theta')$$

3. ITU-R F.1096

여기서는 전파중계 시스템에서 지형산란에 의한 가시거리 간섭 계산 방법에 대하여 다룬다.

가. 지형 산란에 의해 야기된 전파중계시스템으로의 간섭

지형 산란은 두 경로가 서로 교차하고 그 교차점의 지형이 한 홉(hop)의 송신 안테나와 수신 안테나로부터 모두 보여지는 경우에, 전파중계시스템 사이에서 간섭을 커플링 시키는 특별히 강한 메커니즘이 된다. 과거에는 전파중계시스템 사이의 간섭은 가시거리경로와 대기권 굴절, 지표면에 의한 회절과 대류권 산란을 포함하는 거대한 원형에 가까운 전파 메커니즘에 기초한 계산에 의해 결정되었었다. 안테나 부엽 커플링과 결합된 이러한 거대 원형 기법은 지상파 전파 중계 시스템의 시스템 간 및 시스템 내부 간섭을 결정하기 위해 몇몇 주관청에 의해 오랫동안 사용되어졌다.

그림 4-5는 지형에 의해 전파가 산란되는 모습을 보여주고 있다.

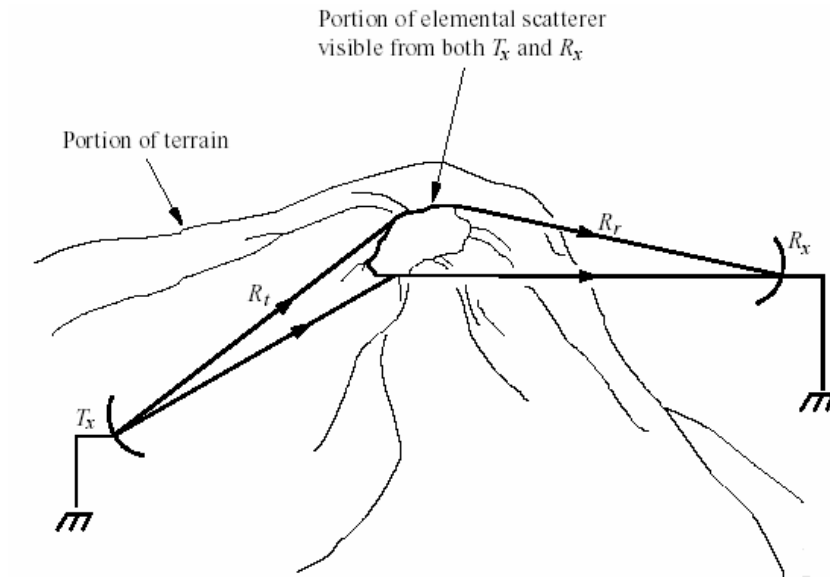


그림 4-5. 지형으로부터의 산란 모형

(1) 지형 산란의 수학적 모델

송신 안테나 복사 전력으로부터의 지표 산란 메커니즘을 통해 수신되는 간접 전력은 다음과 같다.

$$P_r = P_t \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3} \int_{\Omega} \frac{G_t G_r}{R_t^2 R_r^2} \gamma dA_e$$

여기서, 아래 첨자 t는 송신기, r은 수신기를 나타냄

$G(\theta, \varphi)$: 기본 산란 영역(dA_e) 내에서 산란된 방향으로의
각 안테나 전력 이득

θ : 안테나 중앙점으로부터의 방위각

φ : 안테나 중앙점으로부터의 양각

R_t 및 R_r : 안테나로부터 산란 요소까지의 경사 거리

γ : 기본 산란 영역에 의해 산란되는 에너지를 나타내는
수정된 산란 계수

dA_e : 송수신기로부터의 기울기 벡터에 직교하는 간섭원의
최소영역으로 정의 됨

간섭의 측정치와 계산치의 비교를 통해 수정된 산란 계수 γ 가
충분히 넓은 지형에 대하여 상수로 가정될 수 있다.

표 4-4는 지형의 산란 형태 즉, 육상의 커버리지 형태에 따른 γ
의 값을 나타내고 있다. 여기서 커버리지는 미국 지형의 데이터베이스로
부터 획득된 값을 기준으로 한 것이다.

표 4-4. 지형 산란의 형태에 따른 γ 의 값

산란 형태	γ (dB)
육상의 커버리지 형태 (미국의 데이터베이스로부터 획득)	
도심 주거지	-8
상업 및 서비스 지역	-7
낙엽수림	-16
혼합림	-20
FAA 데이터베이스에 따른 인공 구조 건물들	+10.4

4. ITU-R F.1334

여기서는 LMS와 FS가 1~3GHz 대역에서 공유될 때 FS를 보호하기 위한 보호 기준 설정을 위한 방법을 제시하고 있다. 본 권고서는 IMT-2000 출현 이전에 제안된 것으로서, IMT-2000을 고려한 보호기준 설정을 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것이다. 설정된 예를 통하여 두 시스템 사이의 공유 방안에 대하여 정리한다.

가. FS와 MS의 특성

(1) 고정 업무 시스템

예시된 FS의 특성은 표 4-5와 같다. 또한 FS에 관련하여 부가적으로 고려하여야 할 특성들을 다음과 같이 정리하였다.

- 고정 시스템의 동작에 관계된 부가 특성들
 - 전파의 성질 : 일반적으로 가능한 장애물의 효과를 포함한 예외적인 전파 상태의 결과로써 페이딩이 획득된 지역에서, 페이딩이 있는 기간과 없는 기간의 구별에 의해 특성 발생
 - Flat fade 마진 : 일반적으로 30-40dB
 - 주요 오차 메커니즘 : 10Mbit/s 이하 시스템 경우, 신호 레벨 페이딩이 오차의 요인이 됨.
 - 성능요구조건 : F.594, F.634, F.696, F.697, F.1092에 설명

표 4-5 (a) 1-3GHz 에서 동작하는 디지털 전파중계시스템의 기술적 특성

변조	O-QPSK	64-QAM
안테나 이득, $G_{FS}(\text{dBi})$	33	33
송신 전력, $P_{FS}(\text{dBW})$	7	1
e.i.r.p.(dBW)	40	34
잡음 층(dBW)	-125	-130
대역폭, $B_f(\text{MHz})$	29	10
최대 간섭량 $I(I/N=-6)(\text{dBW})$	-131	-136

표 4-5 (b) 1-3GHz 대역에서의 점대다점 시스템의 기술적 특성

변조	Central station	Qutstation
안테나 형태	무지향성/섹터	접시형/혼
안테나 이득, (dBi)	10/13	20(아날로그) 27(디지털)
e.i.r.p.(최대)(dBW)		
- 아날로그	12	21
- 디지털	24	34
잡음지수(Noise figure)(dBW)	3.5	3.5
피더 손실(dB)	2	2
IF 대역폭(MHz)	3.5	3.5
최대 허용가능 장구간 간섭 전력 (20% 시간율) 전체(dBW)	-142	-142
(dB(W/4kHz))	-170	-170
(dB(W/MHz))	-147	-147

(2) 육상 이동 업무 시스템

예시된 LMS의 특성은 표 4-6과 같다. 또한 LMS에 관련하여 부가적으로 고려하여야 할 특성들을 다음과 같이 정리하였다.

표 4-6. LMS에서의 공유 파라미터

	예제1	예제2	예제3	예제4
인터페이스	R2 base/ personal	R1	R2	R2
접속 기법	TDMA			FDMA /TDMA
듀플렉스 기법	TDD			TDD
송신 전력(W)	0.02	1	0.12	0.01
안테나 이득, G_m (dBi)	0	0	0	0
e.i.r.p(dBW)	-17	0	-9	-20
잡음층(dBW)	-152	-152.5	-146.2	
채널대역폭, B_m (kHz)	50	135	576	100
최대간섭 I(10% 외부 I)(dBW)	-149			
주파수 재사용 클러스터	16			10-15
채널당 간섭 이동국 개수, m	1/16	1	5	1/4

- R1 : 이동 부분(자동차와 기지국 사이에서 이루어지는 통신 서비스)
- R2 : 개인통신 부분(내, 외부의 보행자 환경에서의 개인 통신 서비스)
- FPLMTS(future public land mobile telecommunication systems)

- 이동 시스템의 동작에 관계된 부가 특성들
 - 전파의 성질 : 페이딩은 변칙적인 전파에 의한 것 보다는 건물 등에 의한 반사나 회절에 의해 발생하는 다중 경로 전파의 결과로써 얻어짐
 - 동작 페이드 마진 : 통계적 특성 고려
 - FPLMTS 서비스 지역 내에서 발생하는 MS 국의 위치에 대한 랜덤한 성질 : 간섭 환경의 통계적 변화 야기
 - MS 트래픽의 시간적 성질 : 낮 동안에 트래픽이 심하고, 늦은 밤이나 이른 아침에는 가장 낮은 트래픽 발생
 - 성능 요구조건 : 이동 업무의 경우에 지역 내에서 90% 이상의 성능 만족도를 가져야 하고, 개인 통신의 경우에는 서비스 지역 내에서 99% 이상 만족도를 나타내야 함

나. 간섭 시나리오

(1)순방향 링크

- FS 간섭국에 의한 외부 이동국으로의 간섭(FS->MS)
- BS 간섭국에 의한 FS로의 간섭(BS->FS)

(2)역방향 링크

- MS 에 의한 FS로의 간섭(MS->FS)
- FS에 의한 BS로의 간섭(FS->BS)

일반적으로, 지리적으로 동일한 영역에 위치한 FS와 MS에 의한 동일 채널 운용은 FS에 공유불가능한 간섭을 발생한다고 알려져 있다. 공유 목표치는 FS와 MS 시스템 사이에 적절한 지리적 혹은 주파수 이격을 실현함으로써 만족되어 질 수 있다.

다. 공유 목표치

공유 목표치는 공유 실행 가능 상태가 되는 조건들로 정의된다. 스펙트럼의 이용 효율성을 최대로 하기 위해서는 각 시스템 관련 특성이 고려되어야 한다. 이를 위해, 신호 대 간섭비(C/I), 간섭 대 잡음비(I/N)에 대한 요구조건의 정의가 필요하며, 희망 신호와 간섭 신호 전력의 통계적 분포가 요구될 수도 있다.

두 시스템의 공유를 가능하게 하기 위한 공유 목표치는 식(4-1)과 (4-2)에서 각 시스템의 성능 목표치를 만족하는 적절한 A_1 , A_2 , X_1 , X_3 의 파라미터 값들을 선정함으로써 다음과 같이 설정될 수 있다.

$$\text{- BS} \rightarrow \text{FS} : \quad \text{Prob}[\text{간섭 전력} \geq A1(\text{dBm})] < X1 \quad (4-1)$$

$$\text{- MS} \rightarrow \text{FS} : \quad \text{Prob}[\text{간섭 전력} \geq A2(\text{dBm})] < X2 \quad (4-2)$$

라. 공유 기준

공유 기준은 MS와 FS 각각의 공유 목표치를 만족하기 위하여 요구되는 두 시스템 사이의 지리적 이격으로 정의된다.

(1) 공유 기준을 계산하기 위한 시스템 파라미터

- B_f : 고정 시스템의 나이퀴스트 대역폭(MHz)
- L_{ff} : 고정국 안테나와 급전선 손실(dB)
- P_{tm} : MS 이동국 전송 전력(dBm)
- L_{fm} : MS 이동국 안테나와 피더 손실
- P_{tb} : MS 기지국 전송 전력(dBm)
- L_{fb} : MS 기지국 안테나와 피더 손실
- U_s : 섹터에 대한 수신 전력의 중앙 값(dBm)
- U_m : U_s 의 중앙 값(dBm)

- 급전선 손실을 제외한 송수신 안테나 사이의 전송 손실의 중앙 값

$$L_t = P_t - U_m$$

(2) FS에서의 MS국에 대한 공유 기준

총 간섭에 대한 분포는 로그 노말 형태로 주어지고, $X^2=Q(k)$, $k=4$ 또는 5로 주어진다.

$$Q(k) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_k^{\infty} \exp(-x^2/2) dx$$

● 총 간섭 전력의 로그노말 분포 중앙 값(U_{mN})

$$U_{mN} = U_m + H$$

$$\text{분산, } \sigma_N^2 = 43.43 \cdot \log[(\exp(\lambda^2 \sigma^2) + N - 1) / N]$$

여기서,

$$H = 10 \cdot \log N + 5 \cdot \log[N \cdot \exp(\lambda^2 \sigma^2) / (N - 1 + \exp(\lambda^2 \sigma^2))]$$

$$\lambda = 0.1 \log 10 = 0.2303$$

위의 정의 및 전파전파를 위한 가정에서 $U_{mN}(\text{dBm})$ 은 가우시안 분포로 특징 지워지며, 그 중앙값은 다음과 같다.

$$U_{mN} = P_m - L_{fm} - L_{ff} + H + k\sigma_N$$

이 때의 표준편차는 σ_N 이다. 따라서 U_{mN} 의 문턱 값은 다음과 같다.

$$U_{mN} = A2 - k\sigma_N$$

이들로부터 얻어지는 공유 기준은 아래 식(4-3)과 같다.

$$L_t > P_{tm} - A_2 - L_{fm} - L_{ff} + H + k\sigma_N \quad (4-3)$$

(3) 2GHz에 대한 예

표 4-5와 4-6에 주어진 값을 이용하고 $\sigma = 6\text{dB}$ (shadow fading dB spread)로 주어진다.

● FPLMTS -> FS

가정된 간섭 전력 문턱 값은 간섭층 보다 6dB 작다. 식(4-2)를 이용하여 공유 목표치는 다음과 같이 얻어진다.

$$\text{Prob}[U_{mN} > -113.9 - 6.0 + 3.0(\text{dBm})] < X_2, \quad X(2) = Q(4)$$

● FPLMTS – R1

위에 주어진 가정과 함께, $N=5.0$, $H=9.48\text{dB}$, $\sigma_N=3.80\text{dB}$ 로 가정했을 때의 공유 기준은 다음과 같이 얻어진다.

$$L_t > 30.0 - (-116.9) - 3.0 + 9.48 + (4.0 \times 3.80) = 168\text{dB}$$

● FPLMTS – R2

위에 주어진 가정과 함께, $N=10.0$, $H=13.2\text{dB}$, $\sigma_N=2.93\text{dB}$ 로 가정했을 때의 공유 기준은 다음과 같이 얻어진다.

$$L_t > 20.8 - (-116.9) - 3.0 + 13.2 + (4.0 \times 2.93) = 159\text{dB}$$

고정 안테나와 이동 안테나의 특성과 적절한 전파 모델로부터 위에 계산된 공유 기준이 요구되는 거리 이격에 대하여 설명될 수 있다.

마. 간섭 분석

고정업무와 MS의 R2 지역 사이에서의 요구되는 거리 이격을 평가하기 위해서, 고정 업무와 R2 업무 사이에 전파 손실이 약 130dB 일때, 간섭 전력의 중앙값을 고려하여 간섭분석을 수행하였다.

- 전송손실(L_t)는 $L_t = FSL - G_{FS} - G_M$ 로 나타나고

여기서,

FSL : 자유공간 손실

G_{FS} : FS 안테나 이득

G_M : MS 안테나 이득 이다.

- MS와 다른 간섭원들은 FS's의 성능을 10% 이상 감소시켜서는 안된다. 즉, 10MHz의 FS 무선 수신기의 $I/N = -6\text{dB}$, $I_T = -136\text{dBW}$ (총 간섭 레벨)가 되어야 한다.

- 표 4-6의 예제4에서, 동적 채널 배열에 대하여 가정했을 때,
25MS 사용자까지는 최악의 경우 -3dBr 점이 되고, 따라서 가장
보수적 관점에서의 단일 노출 간섭은

$$I_1 = I_T - 10\log 25 = -150\text{dBW} \quad \text{로 적용 가능하다.}$$

- 만약 하나의 이동체의 e.i.r.p=-20dBW(출력 전력=10mW, 안테나
이득=0dBi)이면 이격은 $-20 - (-150) = 130\text{dB}$ 가 필요하다.
- 만일 최악의 지점(FS 무선 안테나 전방으로부터 3.3km 떨어지
고 -3dBr의 boresight를 가지는 곳)에서의 기본 경로 손실(L_t)이
78.5dB이면 $130 - 78.5 = 51.5\text{dB}$ 의 추가 이격이 필요하다.
- 이는 인접 채널의 운용에 적용될 수 있다. MS 송신기가 FS 무
선 채널의 가장자리에서 운용되는 경우에는 동일 채널의 운
용도 적용 가능하다.
- FS 안테나로부터 뒤로 3.3kW 떨어진 지점에서, 안테나 front to
back ratio가 60dB(아주 높은 성능의 안테나 형태)라고 가정하면
-3dBr의 boresight 점에서의 전송손실에 가정된 안테나 front to
back ratio을 더해주어 전송손실은 $L_t = 78.5 - 3.0 + 60.0 = 135.5\text{dB}$ 이다.

- 결과값이 $135.5 > 130\text{dB}$ 이므로, 3.3km 이상 떨어지고 FS 안테나 뒤쪽에 위치한 이동 송신기들은 대응되는 FS 무선 수신기와 동일 주파수 사용이 가능하다.
- 하지만 대상 지역의 모든 FS 무선망에 대하여 분석을 확장할 필요가 있다.
- 하나의 FS 수신기 뒤쪽으로 3.3km 지점은 동일한 수신 채널을 갖는 인접 홉의 주 빔에 가까이 위치할 수 있다. 즉, 각 FS 무선국 주변으로 고리 모양의 배제 영역을 가질 수 있음을 의미한다.

(1) 순방향 링크 분석

표 4-5와 4-6의 예제를 사용하여 계산한다.

- Interference from the personal base station(BP) into the FS
 - Frequency use cluster 16, 채널 대역폭 50kHz, 각 대역폭 적용:
채널 대역폭 당 사용자 수

$$\frac{29000}{50 \times 16} = 36.2(15.6dB)$$

$$\frac{10000}{50 \times 16} = 12.5(11dB)$$

$$\frac{3500}{50 \times 16} = 4.4(6.4dB)$$

$$\text{➤ } L_t(BP \rightarrow FS)$$

$$\geq -17 + (6.4 \text{ to } 15.6) - (-131 \text{ to } -140.5)$$

$$\geq 129.6dB(29MHz)$$

$$\geq 130.0dB(10MHz)$$

$$\geq 129.9dB(3.5MHz)$$

(2) 역방향 링크 분석

$$\text{➤ } L_t(P \rightarrow FS)$$

$$\geq -17 + (6.4 \text{ to } 15.6) - (-131 \text{ to } -140.5)$$

$$\geq 129.6dB(29MHz)$$

$$\geq 130.0dB(10MHz)$$

$$\geq 129.9dB(3.5MHz)$$

바. 요약: 130dB 격리도(전파 경로 전송 손실)

위의 분석 결과에 따라 순방향, 역방향 링크 모두 충분히 격리

되어 있음을 알 수 있다.

- 안테나 $F/B=44\text{dB}$ 일 때, 130dB 전파 경로 전송 손실에 대한 거리

$$L_t = 92.5 + 20\log f + 20\log d - 33 + 44(F/B) = 130\text{dB}$$
$$\therefore d = 0.2\text{km}$$

2GHz , 130dB 의 자유 공간 손실이 있는 경우에, 130dB 의 격리에 대한 실제 이격 거리를 구하기 위해서는 안테나 높이, 지형 조건, 가능한 교차편차 등과 같은 파라미터를 고려한 상세 주파수 조정 및 실제 시스템 링크의 결과에 좌우될 것이다.

- 결론

$70\sim 120\text{km}$ 사이 혹은 그 이상의 이격 거리에서 FS와 R2가 동일 채널을 사용할 수 있고, 전형적인 $50 \sim 70\text{dB}$ 인접 채널 간섭 저지를 가정할 경우, 동일 지역 내에서 FS와 MS가 함께 운용될 수 있다.

또한 고정국과 이동국 간의 상호 간섭을 위한 정확한 통계적 표현방법 및 적절한 전파예측 모델 들의 개발을 통하여 공유 조건을 더욱 정확히 이끌어 낼 수 있게 될 것이다.

5. ITU-R F. 1402

이 권고안은 이동 무선 접속 시스템과 고정 무선 접속 시스템 간의 주파수 공유 기준에 대하여 설명하고 있다. 이 모델은 주파수 공유를 위해 간섭 시나리오를 설정하고, 각 시나리오에 대한 간섭 레벨을 계산한다. 뿐만 아니라 계산된 간섭 결과를 이용하여 거리 이격을 구할 수 있는 기법을 제시하고 있다.

가. 간섭 모델

(1) 가정 사항

- 경우 I: 이동무선접속(MWA) 시스템이 간섭 받을 경우
 - I-a) FWA 기지국 => MWA 사용자국
 - I-b) FWA 사용자국 => MWA 사용자국(TDD 시스템에 한함)
 - I-c) FWA 사용자국 => MWA 기지국
 - I-d) FWA 기지국 => MWA 기지국(TDD 시스템에 한함)
- 경우 II: FWA 시스템이 간섭 받을 경우
 - II-a) MWA 기지국 => FWA user station
 - II-b) MWA 사용자국 => FWA 사용자국(TDD 시스템에 한함)
 - II-c) MWA 사용자국 => FWA 기지국
 - II-d) MWA 기지국 => FWA 기지국 (TDD 시스템에 한함)

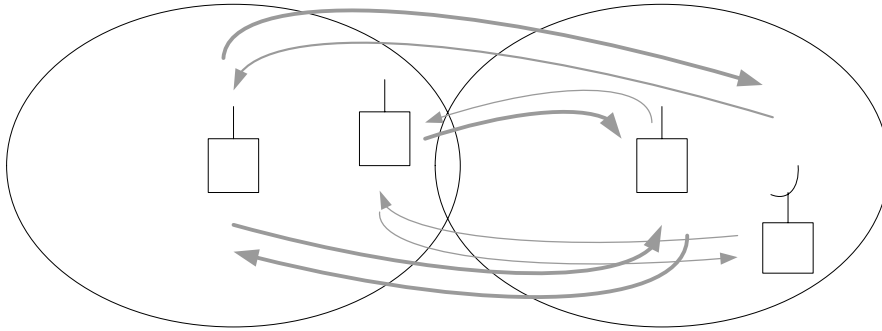


그림 4-6. 간접 모델

(2) 간접 계산

● 간접 레벨 결정 :

간섭원과 피 간섭원 사이의 거리, 송신 출력 전력, 안테나 이득, 안테나 높이, 안테나 주 빔 방향 등에 의해 결정된다.

● 안테나 형태 :

FWA 사용자 국 - 지향성 안테나

나머지 국 : 무지향성 안테나

a) 경우 I

- TDD 환경 : I-d) FWA 기지국 => MWA 기지국

- FDD 환경 : I-c) FWA 사용자국 => MWA 기지국

b) 경우 II

- TDD 환경 : II-d) MWA 기지국 => FWA 기지국
- FDD 환경 : II-a) MWA 기지국 => FWA 사용자국

나. FWA 시스템 간섭으로부터 MWA 시스템으로의 보호 기준

(1) TDD 환경 고려

- 간섭레벨 : $I = P_{tC} - L_{fC} + G_C + G_B - L$
- 최대 허용 간섭 레벨 : $I < N_B + X$
- 두 국 사이의 최소거리에 의한 전파 손실 :

$$L(d_{\min}) = P_{tC} - L_{fC} - L_{fB} + G_C + G_B - N_B - X$$

(2) FDD 환경 고려

- 두 국 사이의 최소거리에 의한 전파 손실 :

$$L(d_{\min}) = P_{tS} - L_{fS} - L_{fB} + G_S + G_B - N_B - X$$

다. MWA 시스템 간섭으로부터 FWA 시스템으로의 보호 기준

- 경우 II의 II-d), II-a)에서의 시나리오에 따른 간섭레벨은
경우 I의 I-d), I-c)에서의 시나리오에 따른 간섭레벨과 등가이다.

라. 계산 예

1.9GHz 대역에서의 간섭 상태 계산과 필요한 전파 손실 계산과 정 및 결과 예를 보여준다.

FWA와 NWA 시스템에 대한 전파 손실 계산을 통해 간섭 상태를 조사하였다. 각 시스템에 대한 가정 사항은 표 4-7에 나타나있다.

표 4-7. FWA기지국과 MWA기지국을 위한 가정된 시스템 파라미터

파라미터	내용	파라미터	내용
인터페이스 시스템 접속/듀플렉스 방식	R2 PHS to PHS-FWA TDMA/TDD	잡음지수	10dB
슬롯 개수	4	잡음층	-109dBm
송신전력, P_{TC}	13dBm(avg.)/22dBm(peak)	안테나이득,	10dBi
대역폭	300kHz	피더 손실,	1dB
		피더점높이	10m
		허용가능I/N	XdB

- 전송 손실 :

$$L(d_{\min}) = P_{TC} - L_{fC} - L_{fB} + G_C + G_B - (N_B + X)$$

$$= 22 - 1 - 1 + 10 + 10 - (-109 + X) = 149 - X[dB]$$

- 이격 거리 계산

주로 도심지역에 위치한 MWA 시스템과 주로 시골 지역에

위치한 FWA 시스템과의 공존을 위한 이격 거리 계산은 시골 지역에서의 전파 손실 특성을 사용하여 수행된다.

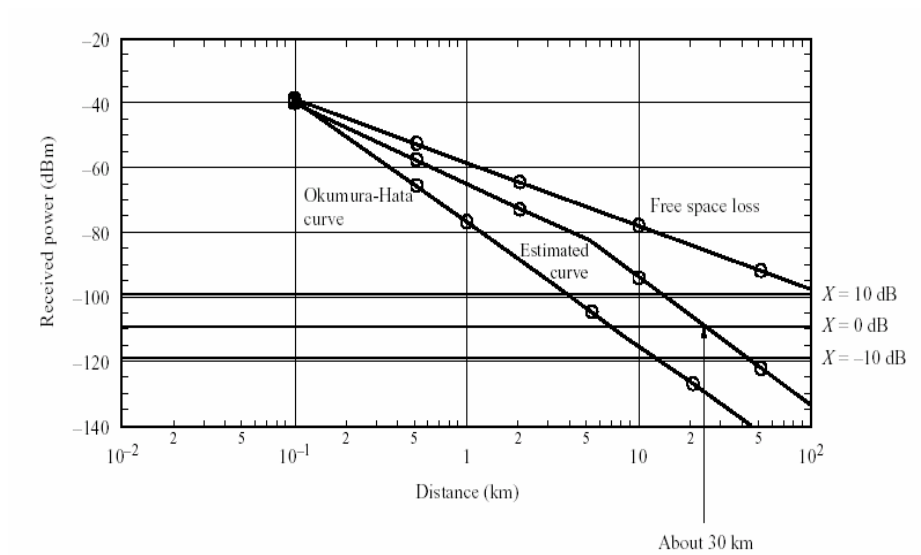


그림 4-7. 이격 거리의 계산

그림 4-7에서 이격 거리는 그림 4-9에 보이는 수신 전력 거리 특성 예측 곡선을 사용하여 계산된다. 따라서 $X=0\text{dB}$ 일 때 이격 거리는 약 30km를 나타낸다.

마. 시골 지역에서, 1.9GHz 대역에 대한 전파 특성

(1) 단거리 전파 특성

● 추가적 전송 손실 :

$$L_a = [52.53 - 36.45 \log(h_t + h_r)] \log d + 61.93 \log(h_t + h_r) - 89.24 \quad [\text{dB}]$$

- 거리 범위 : 100m ~ 5km

(2) 장거리 전파 특성

● 변곡점 결정 :

$$B_p = \frac{4h_t h_r}{\lambda k_f^2}$$

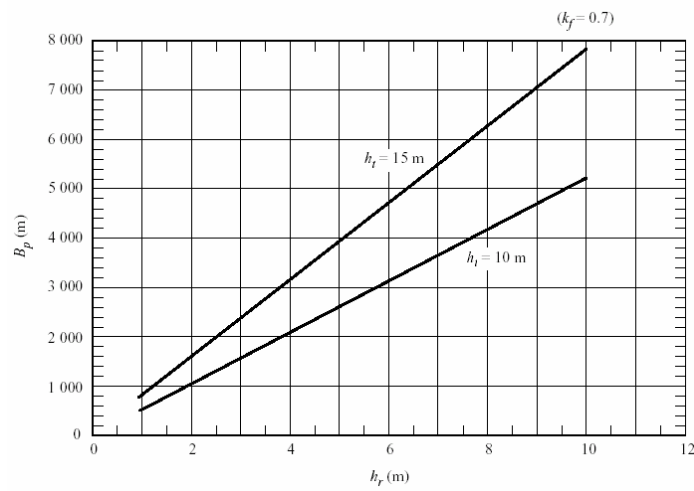


그림 4-8. B_p 계산

그림 4-8은 위의 변곡점 결정 수식에 따라 결정된 k_f 의 변화에 따른 변곡점을 나타내고 있다. 이것은 송수신 안테나 높이에 따라 결정이 되는데, 그림 4-8의 결과는 송신 안테나 높이를 15m, 수신 안테나 높이를 10m로 가정했을 때의 결과이다.

(3) 시골 지역에서의 전파 손실 예측

① B_p 결정 및 전파 손실 예측($k_f=0.7$)

② $d \leq B_p$ 일 때, $L = L_0 + L_a$

③ $d > B_p$ 일 때, $B_p + 40 \log(d/B_p)$ 에서의 손실값 $L(\text{dB})$

● 수신 전력 대 거리 특성 평가 예

파라미터 특성	송신	수신
전력	22dBm	
안테나 이득	10dBi	10dBi
피더 손실	1dB	1dB
안테나 높이	10m	10m

$$\text{➤ } B_p = (4 \times 10 \times 10)(0.158 \times 0.7^2) = 5166.7 \quad [\text{m}]$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } L_a(d = B_p) &= [52.53 - 36.54 \log(10 + 10)] \log(5166.7) \\ &\quad + 61.93 \log(10 + 10) - 89.24 = 10.3 \quad [\text{dB}] \end{aligned}$$

$$\text{➤ } L_0(d = B_p) = 20 \log(4 \times \pi 5166.7 / 0.158) = 112.3 \quad [\text{dB}]$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } L(d = B_p) &= L_a(d = B_p) + L_0(d = B_p) \\ &= 10.3 + 112.3 = 122.6 \quad [\text{dB}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_r(d = B_p) &= 22 + 10 - 1 + 10 - 1 - L \\ &= 22 + 10 - 1 + 10 - 1 - 122.6 = -82.6 \quad [\text{dBm}] \end{aligned}$$

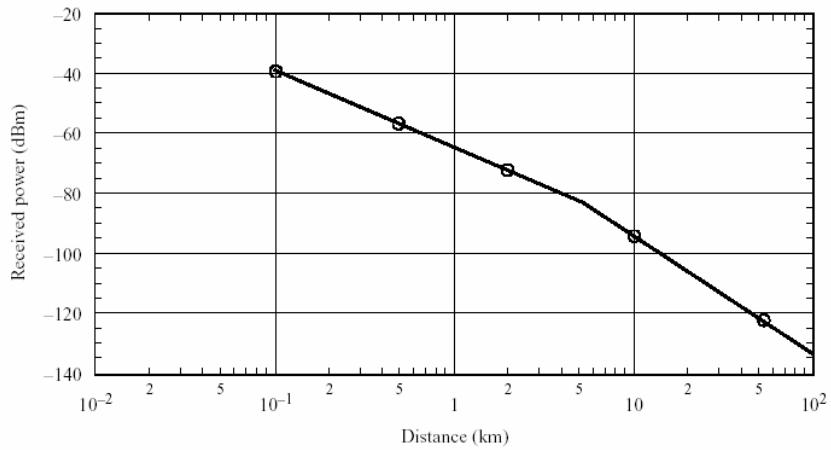


그림 4-9. 시골 지역에서의 수신 전력 거리 예측 특성

그림 4-9는 시골 지역에서의 수신 전력 특성을 위한 예측 곡선을 나타내고 있다.

바. 800MHz 대역에서의 간섭 조건 계산 예

(1) 전파 손실 계산

표 4-8과 4-9에 제시된 시스템의 특성을 가정하고 간섭을 계산한다.

● 전파 손실 계산

$$\begin{aligned}
 - L(d_{\min}) &= P_{ts} - L_{fs} - L_{fB} + G_S + G_B - (N_B + X) \\
 &= 30 - 1 - 2 + 13 + 11 - (-120 + X) \quad [\text{dB}] \\
 &= 171 - X
 \end{aligned}$$

● 가정된 시스템 특성

(a) MWA 기지국

파라미터	내용
인터페이스	R1
시스템	PDC
접속/듀플렉스 방식	TDMA/FDD
슬롯 수	3
잡음 지수	7dB
잡음 층	-120dBm
대역폭	50kHz
안테나 이득, G_B	11dBi(무지향성)
급전선 손실, L_{fB}	2dB(50m 급전선)
피더 점 높이, h_B	50m
허용 가능 I/N	X[dB]

(b) FWA 사용자국

파라미터	내용
인터페이스	R1
시스템	PDC-FWA
접속/듀플렉스 방식	TDMA/FDD
슬롯 수	3
송신 전력, P_{ts}	30dBm(peak)
대역폭	50kHz
안테나 이득, G_s	13dBi(지향성)
급전선 손실, L_{fB}	1dB
피더 점 높이, h_s	10m

나. 거리 이격 계산

- Okumura-Hata 곡선에 의한 거리 이격 계산

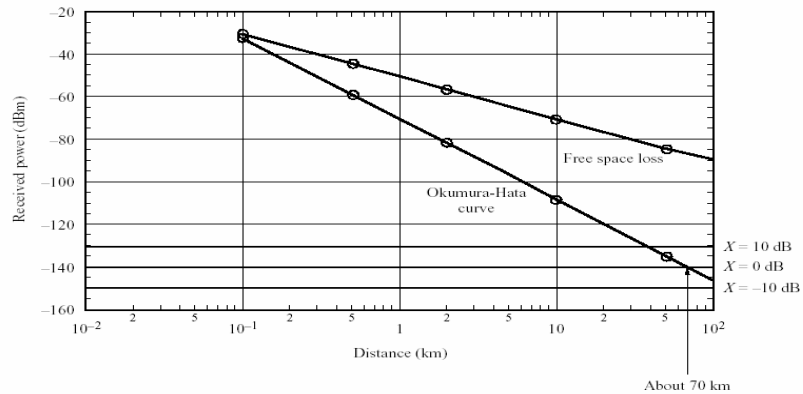


그림 4-10. 거리 이격 계산 (지형 및 건물 상태 미 고려)

그림 4-10에서, 이격 거리는 Okumura-Hata 곡선을 이용하여 계산된다. 이격 거리는 $X=0\text{dB}$ 일 때, 약 70km로 나타난다.

6. ITU-R P.452-10

이 모델은 0.7~30GHz 사이의 마이크로 웨이브 대역에 대한 간섭 분석을 수행할 수 있도록 만들어진 것으로서 지상국의 업무에만 적용되는데, 다음과 같이 정리된 순서에 따라 간섭 분석을 수행하게 된다.

step 1. : 입력 데이터

표 4-8에 나타나 있는 파라미터 값들을 필수적으로 입력해 주어야 한다. 표에는 기본적인 파라미터들이 참고로 주어져 있다.

표 4-8. 기본 입력 데이터

변수	기본 값	설명
f	0.01	주파수(GHz)
P	0.001	기본 전송 손실을 초과하지 않는 시간율
φ_t, φ_r	0.001	무선국의 위도(degreess)
ψ_t, ψ_r	0.001	무선국의 경도(degrees)
h_{tg}, h_{rg}	1	지면 위로의 안테나 중심 높이(m)
h_{ts}, h_{rs}	1	해발 위로의 안테나 중심 높이 (m)
G_t, G_r	0.1	거대 원 간섭 경로에 의한 수평선 방향으로의 안테나 이득(dBi)

t : 간섭국 , r : 피 간섭국

step 2. : 연 평균 혹은 최악월 예측의 선택

양방향 간섭이 발생할 경우, 최소 허용 기본 전송 손실에 기반한 가장 나쁜 방향을 결정하기 위해 평가되는 품질 목표치들이 필요하다. 대부분 경우, 품질목표치는 최악의 경우도 만족하여야 하므로, 최악월에 대한 데이터가 필요하게 된다.

필요한 값으로 최악월 시간율 P_w 를 이용하여, 연 평균 시간율 P 를 다시 구해 사용한다. $12p \geq P_w$ 로 범위가 제한된다.

step 3. : 기상관측 데이터

- $\Delta N(N - \text{units} / \text{km})$: 대기권 내 가장 낮은 1km 이내에서의 평균 무선 굴절 계수 쇠퇴율로 경로 프로파일과 회절 장애물 분석에 따라 결정될 수 있는 적절한 실효 지구 반경에 대한 데이터를 제공한다.
 - $\beta_0(\%)$: 가장 낮은 100m내의 대기권에서 굴절 계수 감쇠율이 $100N\text{-units/km}$ 를 초과할 때의 시간율, 고려되는 위도에 서의 변칙적인 전파에 대한 영향을 평가할 때 사용된다. 사용되는 β_0 의 값은 경로 중심 위도에 적당한 값이다.
 - $N_0(N - \text{units})$: 해수면 표면 굴절율, 이것은 대류권 산란 메커니즘의 위치 변화를 측정하기 위해 대류권 산란 메커니즘에서 이용된다.
- 경로 중심 위치에 대한 변칙적 전파의 발생 위치에서, β_0 는 다음과 같이 결정된다.

$$\beta_0 = \begin{cases} 10^{-0.015|\varphi|+1.67} \mu_1 \mu_4 \% & \text{for } |\varphi| \leq 70^\circ \\ 4.17 \mu_1 \mu_4 \% & \text{for } |\varphi| > 70^\circ \end{cases}$$

- 파라미터 μ_1 은 경로가 육상과 해상에 얼마나 치우쳐 있는가에 따라 달라진다.

$$\mu_1 = [10^{\frac{-d_m}{16-6.6\tau}} + [10^{-(0.496+0.354\tau)}]^5]^{0.2}$$

$$\tau = [1 - e^{-(4.12 \times 10^{-4} \times d_m^{2.41})}]$$

- 내륙의 수역이 넓은 경우

B지역으로써 고려되는 내륙 수역(Inland water)이 “넓은(large)”부분은 최소 $7800km^2$ 의 지역을 포함하고 있는 것으로 정의되는데 이때 강을 포함하는 지역은 제외된다. 이런 지역의 섬들은 만약 이들 지역의 90%이상의 고도가 해수면 높이로부터 100m 이하일 경우에 이 지역은 물로써 간주된다. 이 표준에 맞지 않는 섬들은 수면 지역 계산을 위해 육상으로써 간주된다.

- 넓은 내륙 호수 또는 습지

내륙의 넓은 수역과 넓은 내륙 내 호수 또는 습지 지역과 같은 A1에 속하는 기후 지역을 명백하게 결정하는 것이 어렵다. 그러므로 관리자는 자신들의 영토 내에서 이 카테고리에 속하도록 분류된 기준을 ITU BR에 이들 지역을 규정하게 된다. 각 나라의 등록된 정보가 없을 때, 모든 육상 지역은 A2 지역으로 구분하게 된다. 표 4-9는 무선 기상 지역에 대한 정의를 정리하고 있다.

표 4-9. 무선 기상 지역

지역형태	코드	정의
해안지역	A1	해변이나 해안 지역, 해수면으로부터의 높이가 100m 이상 되는, 바다에 인접한 육지, 이 때 거리는 바다로부터 50km까지로 제한된다. 정확히 100m의 데이터를 사용할 수 없으면 300ft를 사용한다.
내륙	A2	모든 육상, 위에 A1 지역으로 정의된 해변이나 해안 지역과는 다르다.
바다	B	바다, 대양이나 다른 물의 범위가 큰 지역(최소 반경 100km 이상을 커버해야 한다.)

● 실효 지구 반경

경로에 대한 실효 지구 반경 요소 k_{50} 은 다음과 같이 정의된다.

$$K_{50} = \frac{157}{157 - \Delta N}$$

실제 지구 반경이 6371km이면, $a_e = 6371 \cdot k_{50}$

step 4. : 경로 프로파일 분석

주어진 표4-10에서 경로를 선택하고, 프로파일 분석을 통하여 표 4-11와 같은 파라미터 값을 획득한다.

표 4-10. 경로 구분 및 필요한 모델

분류	필요한 모델
1차 프레넬 지역의 clearance에 관계된 가시거리	가시거리, 클러터 손실
회절 경로를 갖는 가시거리	가시거리, 회절, 클러터 손실
Trans-horizon	회절, 덕팅/층반사, 대류권 산란, 클러터 손실

표 4-11. 경로 프로파일 분석으로부터 얻어지는 파라미터의 값

Path type	parameter	description
Trans-horizon	d	거대 원 경로 거리(km)
Trans-horizon	d_{lr}, d_{lr}	송수신 안테나로부터 그들 각각의 horizon까지의 거리(km)
Trans-horizon	θ_i, θ_r	송수신 horizon 고도각(mrad)
Trans-horizon	θ	경로 각거리(mrad)
All	h_{ts}, h_{rs}	해수면 위로의 안테나 중심 높이(m)
Trans-horizon	d_b	지면 위로의 실효 안테나 높이(m)
All	ω	수면 위를 지나는 경로 부분의 거리(km)
All	d_{ct}	총 경로 중 수면 경로의 비율: $\omega = d_b / d$ 전체적으로 육상 경로일 경우: $\omega = 0$
Trans-horizon		첫 번째 간섭 단말기로부터 큰 원 간섭 경로를 따라서 해변까지의 거리(km)
Trans-horizon	d_{cr}	두 번째 간섭을 받는 국과 관계된 거리 (km)

step 5. 전파예측 계산

Step4에서 선택된 경로와 이에 필요한 모델에 대하여 표 4-12의 방법에 따라 간섭을 예측한다.

표 4-12. 전체적인 예측을 하는 방법

경로 형태	요구되는 처리 수식
가시거리	$L_b(p) = L_{b0}(p) + A_{ht} + A_{hr} \quad [\text{dB}]$ $L_{b0}(p): \text{가시거리모델에 의해 주어진 시간율 } p\% \text{를 초과하지 않는 예측된 기본 전송 손실}$ $A_{hr}, A_{ht}: \text{지역 클러터에서의 높이-이득 효과에 의한 추가적 손실}$
서브경로 회절을 갖는 가시거리	$L_b(p) = L_{b0}(p) + L_{ds}(p) + A_{ht} + A_{hr} \quad [\text{dB}]$ $L_{ds}(p): \text{회절 모델에 의해 회절 경로에서 구해진 시간율 } p \text{에 대한 예측 손실}$
Trans-horizon	$L_b(p) = -5\log(10^{-0.2L_{bs}} + 10^{-0.2L_{bd}} + 10^{-0.2L_{ba}}) + A_{ht} + A_{hr}$ $[\text{dB}]$

가. Clear-air 전파 모델

(1) 가시거리 전파 (단구간 효과 포함)

가시거리 전파에 의한, 시간율 p (%)를 초과하지 않는 기본 전송 손실 $L_{b0}(P)$ 은 다음 수식에 의해 주어진다.

$$L_{b0}(p) = 92.5 + 20\log f + 20\log d + E_s(p) + A_g \quad [\text{dB}]$$

- 건조 공기 및 습기에 의한 특성 감쇠, 총 경로 중 수면

의 비율, 다중경로 및 집중(focusing) 효과에 의한 교정
고려

(2) 회절

회절 메커니즘에 의한 초과 손실의 시간 변화는 시간율의 감소
나, 실효 지구 반경 요소의 증가와 같은 대기권의 무선 굴절 감쇠
율의 변화를 일으킨다. β_0 보다 작은 시간율에서, 대기권의 굴절을
특성에 의한 감쇠보다 변칙적인 전파 메커니즘에 의한 신호 레벨
변화가 우세할 것이다. 그러므로 β_0 보다 작은 p 값에 대해서
 $k(p)$ 의 값은 $k(\beta_0)$ 의 값과 같은 값을 갖는다.

$$L_d(p) = L_d(50\%) - F_i(p)[L_d(50\%) - L_d(80\%)] \quad [\text{dB}]$$

(3) 대류권 산란

- 1- 50%보다 훨씬 작은 시간율에서는 비슷한 전파 현상을
일으키는 다른 두 번째 전파 현상으로부터 실제의 대류권
산란 모드를 구분하는 것이 어려운 일이다. 이 권고안에 설
명된 대류권 산란 모델은 이런 두 번째 전파 효과들을 모
두 포함하는 대류권 산란 개념의 일반화된 내용이다. 이것
은 0.001~50%까지 범위의 시간율에 대해서 기본 전송 손실

의 연속적이고 일관성있는 예측을 가능하게 하므로, 실제의 산란 모드와 함께 낮은 시간율에서의 덕팅과 층 반사 모델을 가장 큰 시간율에서 초과되는 약한 여분의 전계와 적용시킨다.

- 이 대류권 산란 예측 모델은 간접 예측 목적에 의해서 묘사되고, trans-horizon radio-relay 시스템의 성능 양상에 영향을 미치는 50% 이상의 시간율 상태에서의 전파 계산에는 적용되지 않는다.

(4) 추가적 클러터 손실

- 클러터 환경이 확실하지 않을 때는 포함하지 않는다. 간접국과 희생 간접 수신국에서의 클러터 손실은 각각 $A_{ht}(\text{dB})$ 와 $A_{hr}(\text{dB})$ 로 정의된다. 클러터의 nominal 높이에 대해서 높이-이득에 의한 정규화된 함수로 모델화 된다. 적당한 nominal 높이는 클러터 형태의 각 범위 내에서 적용 가능하다. 교정은 모든 전파 모드와 시간율에 대해서, 모든 clear-air 예측에 적용된다.

- 클러터 범주

표 4-13에는 ITU-R P.1058에서 높이-이득 교정의 적용에 대해 정의된 클러터 카테고리(ground cover)가 정리되어 있다. Nominal clutter높이 $h_a(\text{m})$ 와 안테나로부터의 거리 $d_k(\text{km})$ 는 가장 대표적인 클러터 형태에서의 평균 값으로 만들어진다. 클러터 파라미터들이 좀 더 정확하게 알려진 곳에서는 주어진 값들이 표4-13에 주어진 값들을 대신할 수 있다.

표 4-13에 주어진 Nominal 높이와 거리는 ITU-R P.1058에 정의된 특성 높이 H_c 와 겹 폭 G_c 를 추정할 수 있게 한다.

- 높이-이득 모델 (the height-gain model)

지역 클러터로부터의 보호에 의한 추가적 손실은 다음 방정식에 의해 구해진다.

$$A_h = 10.25 \times e^{-d_k} (1 - \tanh[6(\frac{h}{h_a} - 0.625)]) - 0.33$$

표 4-13. nominal 클러터 높이와 거리

클러터 범주	Nominal height, h_a (m)	Nominal distance, d_k (km)
키가 큰 작물 밭 공원 불규칙한 배열의 활엽수림 규칙적인 배열의 과수원 드문 드문 집이 있는 곳	4	0.1
마을 중심	5	0.07
불규칙한 배열의 낙엽수림 규칙적인 배열의 낙엽수림 혼합수림	15	0.05
불규칙한 배열의 침엽수림 규칙적인 배열의 침엽수림	20	0.05
열대 우림	20	0.03
교외지역	9	0.025
밀집 교외지역	12	0.02
도심지	20	0.02
밀집 도심지	25	0.02
산업 지역	20	0.05

제 5 장 간섭분석 알고리즘 적용 기준

제 1 절 개요

앞 장에서 연구된 간섭 알고리즘들을 바탕으로 하여 각 알고리즘들을 파라미터 별로 정리하였다. 이를 이용하여 간섭 분석에 있어 알고리즘을 쉽게 이용할 수 있도록 적용 기준을 마련하였다. 또한 ITU-R에서 권고하고 있는 각 시스템에 대한 보호비를 정리하여 무선국 허가 업무 시 간섭 분석을 통한 공유 가능성 판단 여부를 위해 사용될 수 있도록 하였다.

제 2 절 간섭 알고리즘 선택 기준 연구

분석된 간섭 분석 알고리즘의 내용을 통하여 표 5-1과 같은 적용 기준을 얻어내었다. 즉, 요구되는 무선업무 및 무선국을 위한 간섭 분석을 하기 위해서 필요한 데이터를 입력 파라미터 중, 주파수, 시스템을 활용하여 표 5-1에 보이는 바와 같이 서로 다른 간섭분석 모델을 사용할 수 있다. 일단 모델이 선택되면 이에 따른 특정 파라미터들을 입력할 수 있도록 하여야 한다. 이 때, 각 시

시스템에 대한 보호 기준이 마련되어 있다면 이를 적용하여 공유 적
정성 판단이나 공유를 위한 방안을 제시할 수 있다.

표 5-1. 간섭 알고리즘 선택 기준

주파수	모델	적용시스템	입력파라미터	특정파라미터	출력
1-3GHz	F.1334	고정 및 육상이동	주파수	Noise figure Noise floor	주파수 공유기준
전체	F.1402	FWA 및 MWA	거리 간섭원 전송전력 (e.i.r.p)	IF 대역폭 수신피더높이 송수신 전파손실	링크간 간섭량 이격거리
전체	F.1095	고정업무의 전파중계국	송수신 안테나이득		조정지역 간섭
전체	SM.1134	육상이동	송수신 안테나높이 피더 손실	보호비 수신기민감도	혼변조에 의한간섭
0.7-30GHz	P.452-10	지상국	송수신 채널대역폭	송수신경위도	링크간 전파손실
전체	SM.337	전체	송수신간 보호비 (최대허용 간섭량)	송수신 전파손실	주파수 및 거리이격
전체	F.1096	고정업무의 전파중계국			LOS 간섭전력

제 3 절 권고 보호비 기준

ITU-R의 권고 문서를 통하여 제시된 각 시스템에 대한 보호비를 정리하였다. 이는 각 시스템에 대한 간섭 분석 시 간섭량의 적정성 여부 혹은 주파수 공유에 대한 공유 기준 만족에 대한 평가를 할 수 있게 한다.

주어진 보호비들은 시스템의 특성 등에 따라 PR, BER, SESR 등으로 달라지므로 일반적 상태에 대해 적용 가능한 값 혹은 적용하는 방법에 대하여 권고안에 따라 정리되어 있다. 이들 값이 적용 시스템에 따라 선택이 되면, 희망 시스템의 성능을 기준치 이상으로 유지하기 위하여 앞의 식(2-1)에 제시된 목표치를 만족하는지 아닌지를 판정할 수 있게 된다.

따라서 본 절에서는 권고안을 기준으로 시스템별로 다음과 같이 보호비를 정리하였다[28-31].

1. 방송 업무와 고정/이동 업무 사이의 공유 기준

ITU-R 권고 SM. 851은 방송 업무와 고정업무, 방송 업무와 이동 업무 사이의 공유에 대하여 공유 기준을 권고하고 있다. 여기에서 권고된 값을 정리하면 다음에 제시되는 표와 같다.

(1) 고정 및 이동 업무로부터의 TV 방송 보호를 위한 최소 전계강도

보호를 위한 최소전계강도 (dB(μV/m))	대역 I (41- 68MHz)	대역 II (76- 100MHz)	대역 III (162- 230MHz)	대역 IV (470- 582MHz)	대역 V (582- 960MHz)
시간율50%, 공간율90%	46	48	49	53	58
시간율50%, 공간율50%)	48	52	55	65	70

(2) 고정, 육상 이동 업무로부터의 방송 보호

- 525-line 시스템 (M/NTSC 및 M/PAL) Tropospheric interference,

Unwanted signal: CW 캐리어

주파수 차 (MHz)	-1.5	-1.0	-0.75	0.3	1.0	2.5	3.0	3.5	3.7	4.1	4.5
NTSC(dB)	0	30	40	50	50	37	45	50	50	45	15
PAL(dB)								45	45		
Monochrome(dB)								26	25	20	

- 625- line 시스템, Tropospheric Interference

희망 및 간섭 변조신호 주파수 차(MHz)												
회도 범위									PAL		SECAM	
MHz	-1.25 (¹)	-1.25 (²)	-0.5	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	3.6-4.8	5.7-6.0 (³)(⁴)	3.6-4.3 (⁵)	5.7-6.3 (³)(⁴)
dB	32	23	44	47	50	50	44	36	45	25	40	25

(¹) H,I,KI,L 텔레비전 시스템

(²) B,D,G,K 텔레비전 시스템

(³) B,G 텔레비전 시스템: 5.3-6.0MHz

(⁴) 이 값은 본 채널 내에서 유효

(⁵) D/SECAM and K/SECAM: 5 dB를 더함

● 625- line systems, Continuous Interference

Frequency difference between unwanted and carriers (MHz)												
MHz	회도 범위								PAL		SECAM	
	-1.25 (¹)	-1.25 (²)	-0.5	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	3.6-4.8	5.7-6.0 (³)(⁴)	3.6-4.3 (⁵)	5.7-6.3 (³)(⁴)
dB	40	32	50	54	58	58	54	44	53	35	45	30

(¹) H,I,KI,L 텔레비전 시스템

(²) B,D,G,K 텔레비전 시스템

(³) B,G 텔레비전 시스템: range is 5.3-6.0MHz

(⁴) 이 값은 본 채널 내에서 유효

(⁵) D/SECAM and K/SECAM: 8 dB를 더함

● TV의 아날로그 음성 신호(dB),

간섭신호: CW 또는 FM 음성 캐리어

희망 및 간섭 신호 캐리어 주파수 차(kHz)	희망 음성 신호			
	Tropospheric interference		Continous interference	
	FM	AM	FM	AM
0	32	49	39	56
15	30	40	35	50
50	22	10	24	15
250	-6	7	-6	12

● TV의 디지털 음성 신호(dB), 간섭신호 : CW 또는 FM 음성 캐리어

희망 신호	간섭신호
-------	------

		FM/CW (¹)	AM (¹)	디지털 (²)
Digital	T	12	11	12
	C	12	11	12

(¹) 주어진 값은 간섭존재시 디지털 음성시스템의 성능저하 시 빠른 회복을 위하여 추가로 6dB가 더해진 것임.

(²) ITU-R BT.655의 권고를 따름

●인접 채널 보호비, 525-line NTSC 시스템

주파수 차(MHz)	보호비(dB)	
	Continuous	Tropospheric
-7.25	-26	-36
-5.25	-15	-25
-3.5	10	0
-2.25	3	-7
-1.25	20	10
4.75	16	6
5.75	5	-5
6.75	-9	-19
8.75	-22	-32
10.75	-30	-40

●인접 채널 보호비, 625-line 시스템

주파수 차(MHz)	보호비 (dB)		
	Continous	Tropospheric	TV 시스템
-14	-10	-15	B,D,G,H,K,KI,L
-6.0	-10	-15	B,D,G,H,K,KI,L
-2.5	11	1	B,D,G,H,K,KI,L
-1.5	11	1	B,D,G,H,K,KI,L
-1.25	40	32	H,KI,L
-1.25	32	23	B,D,G,K
5.75	30	25	B,G,H/SECAM
5.75	35	25	B,G,H/PAL
6.2	-2	-12	B,G,H
6.75	30	25	L,D,K,KI/SECAM
8.5	-2	-12	L,D,K,KI/SECAM
15.0	-2	-12	B,D,G,H,KI,L

● 음성 방송 보호를 위한 최소 전계강도

	최소 전계강도 (안테나 높이 : 10m)
모노포닉 수신	37(dBuV/m)
스테레오 수신	48 (dBuV/m)

(3) 방송업무로부터의 육상 이동업무 보호

- 채널 간격이 25 또는 30kHz 일 때의 아날로그 육상 이동업무 보호를 위한 최소 전계강도

주파수 범위 (MHz)	최소전계강도 (중앙값) (dB(μV/m))	
	Signal quality grade 4	Sound articulation80% ⁽¹⁾
44-68	19	-
87.5-108	20	-
174-254	21	-
470-582	24	-
582-960	38	36

(1) 발음의 80% 이상을 명료하게 알아들을 수 있는 상태

●디지털 육상 이동업무 보호를 위한 최소 전계강도

Ferquency range (MHz)	최소전계강도 (중앙값) (dB(μV/m))	
	$\pi/4$ QPSK, 50kHz 채널 간격 3×10^{-2} BER	GMSK, BT = 0.3 200kHz 채널 간격
582-960	30 ⁽¹⁾	32

● TV 방송 업무와 육상 이동 업무가 공유될 때의 육상 이동 업무에 대한 보호비

	아날로그 음성 시스템	디지털 시스템		
		$\pi/4$ QPSK, 50kHz 채널간격 3×10^{-2} BER		GMSK, BT = 0.3 200kHz 채널간격
		static	Fading ⁽¹⁾	
보호비(dB)	10	11 ⁽²⁾	17 ⁽²⁾	9 ⁽²⁾

(1) 페이딩이 원하는 신호에 포함된다.

(2) 원하는 신호와 원하지 않는 신호의 변조 방식은 같고, 공유 전

에 보정 인자가 적용되어야 한다.

- 음성 방송 업무와 육상 이동 업무가 공유될 때의 육상 이동 업무에 대한 보호비

주파수 이격 (kHz)	보호비(dB)			
	아날로그 음성 시스템	디지털 시스템		
		$\pi/4$ QPSK, 50kHz 채널간격 3×10^{-2} BER		GMSK, BT = 0.3 200kHz 채널간격
		static	Fading	
0	10	11 ⁽¹⁾	17 ⁽¹⁾	-9 ⁽¹⁾
15	6	-	-1 ⁽¹⁾	-
50	-5.5	-	-42 ⁽¹⁾	-
75	-17.5	-	-	-
100	-27.5	-	-57 ⁽¹⁾	-
200	-	-	-	-9 ⁽¹⁾
400	-	-	-	-41 ⁽¹⁾
600	-	-	-	-49 ⁽¹⁾

(1) 희망 및 간섭 신호의 변조 방식은 동일하고, 공유 전에 보정 인자가 적용되어야 함.

2. 방송 업무에 대한 보호비 권고

ITU-R BT.655에는 방송 시스템 간의 보호를 위한 보호비가 권고되어 있다. 이를 일목요연하게 정리하면 다음과 같다.

(1) 525 라인 시스템

● 동일 채널 간섭

- Tropospheric interference에 대한 보호비 : 45dB

● 인접 채널 간섭

- 하인접 채널 간섭 : -13dB

- 상인접 채널 간섭 : -10dB

● 이미지 채널 간섭

Image-channel rejection(dB)	VHF	UHF
System M(Japan)	60	45
Other systems		40

● overlapping 채널 간섭

<div>Unwanted signal</div> <div>Wanted signal</div>	보정인자(dB)				
	CW	Vision signal negative modulated	Vision signal positive modulated	FM- sound	AM- sound

Vision signal negative modulated	0	-2	0	0	+4
--	---	----	---	---	----

$\Delta f(\text{MHz})$		- 1.5	- 1.0	- 0.7 5	0.3	1.0	2.5	3.0	3.5	3.7	4.1	4.5
A	NTSC(dB)								50	50	45	15
A	PAL(dB)	0	30	40	50	50	37	45	45	45		
A	Monochrome (dB)											
B	Monochrome (dB)	0	15		33	33	25					15
보호비(dB)												

(2) 625-라인 시스템

● 인접 채널 간섭 보호비

- 하인접 채널 간섭, VHF 대역

FM	AM
-9dB	-8dB

- 하인접 채널 간섭, UHF 대역

<div>Unwanted signal</div> <div>Wanted Signal</div>	Protection ratio (dB)					
	G	H	I	D,DI, K	KI	L
G	-9	-9	-9	-9	-9	-5
H	-9	-9	-9	+13	+13	+17
I	-9	-9	-9	+13	+13	+17
D, DI, K	-9	-9	-9	-9	-9	-5
KI	-9	-9	-9	-9	-9	+17
L	-9	-9	0	-12	-12	-8

- 상인접 채널 간섭

System D, ,K	Other systems
-6dB	-12dB

● 이미지 채널 간섭

- Tropospheric interence (UHF 대역)

Unwanted signal Wanted Signal	Protection ratio (dB)						image 채널	Remarks Signals	
	G, H	I	D (PAL)	D,DI, K	KI	L		희망	간섭
DI, G (IF _V = 38.9MHz)	-1	-4		-12	-12	-8	n + 9	Vision	Sound
H (IF _V = 38.9MHz)	-1	-4		-9	-9	-5	n + 9		
I (IF _V = 39.5MHz)	-13	-10	-10	-10	-10	-6	n + 9		
D (PAL) (IF _V = 38.0MHz)	-8	-25	-20	-20	-20	-16	n + 8	Vision G, H: sound	Sound
	3	3	3	3	3	5	n + 9	Vision	Sound
D, K (IF _V = 38.0MHz) (SECAM)	2	-15	-12	-12	-12	-8	n + 8	Vision G, H: sound	Sound
	13	13	13	13	13	15	n + 9	Vision	Vision

- Tropospheric interence (UHF 대역)

Unwanted signal Wanted Signal		보호비(dB)						이미지 채널	대상신호	
		G, H	I	D (PAL)	D,DI, K	KI	L		희망	간섭
KI	IF _V =	7	7		7	7	9	n + 10	Vision	Vision
	40.2 MHz	-13	-9		-5	-5	-1	n + 9	Vision	Sound
	IF _V =	4	4		4	4	6	n+10	Vision	Vision
	39.9 MHz	-8	-5		-2	-2	2	n + 9	Vision	Sound
	IF _V =	-1	0		-2	-2	2	n - 9	Vision	Sound
	32.7 MHz	-27	-27		-27	-27	-27	n - 9	Sound	Vision
L (IF _V = 32.7MHz)		-33	-33		-33	-33	-33	n - 9	Sound	Vision
		-3	-2		-4	-4	0	n - 9	Vision	Sound
		<- 20	<- 20		<-20	<- 20	<- 20	n - 8	Vision	Vision

- Continuous interference (UHF 대역)

Unwanted signal Wanted Signal		보호비(dB)						Image 채널	관련 신호	
		G, H	I	D (PAL)	D,DI, K	KI	L		희망	간섭
DI, G(IF _V = 38.9MHz)		6	2		-5	-5	-1	n + 9	Vision	Sound
H(IF _V = 38.9MHz)		6	2		-1	-1	3	n + 9		
I(IF _V = 39.5MHz)		-4	-2		-2	-2	+2	n + 9		
D (PAL) (IF _V = 38.0MHz)		-1	-15	-10	-10	-10	-6	n + 8	Vision G, H: sound	Sound
		11	11	11	11	11	13	n + 9	Vision	Sound
D, K(IF _V = 38.0MHz) (SECAM)		9	-10	-7	-7	-7	-3	n + 8	Vision G, H: sound	Sound
		21	21	21	21	21	23	n + 9	Vision	Vision
KI	IF _V = 40.2M Hz	15	15		15	15	17	n + 10	Vision	Vision
		-5	0		4	4	8	n + 9	Vision	Sound
	IF _V = 39.9M Hz	10	10		10	10	12	n+10	Vision	Vision
		2	5		7	7	11	n + 9	Vision	Sound
	IF _V = 32.7M Hz	8	8		5	5	9	n - 9	Vision	Sound
		-26	-26		-26	-26	-26	n - 9	Sound	Vision

- Continuous interference (UHF 대역)

Unwanted signal Wanted Signal	Protection ratio (dB)						이미지 채널	관련 신호	
	G, H	I	D (PAL)	D,DI, K	KI	L		희망	간섭
L (IF _V = 32.7MHz)	-28	-28		-28	-28	-28	n - 9	Sound	Vision
	6	6		3	3	7	n - 9	Vision	Sound
	<- 20	<- 20		<-20	<- 20	<- 20	n - 8	Vision	Vision

(3) TV 음성 방송에 대한 보호비

● FM 음성 방송의 S/N 비

Tropospheric 경우	Continuous 경우
40dB	48dB

● NICAM 디지털 음성 방송에 대한 BER

Tropospheric 경우	Continuous 경우
1×10^{-4} (등급 3)	1×10^{-5} (등급 4)

● 각 시스템에 대한 보호비

음성신호 보호비(dB)		간접 신호			
희망 음성 신호		FM/CW	AM	NICAM	T-DAB
FM	T	32	36	17	12
	C	39	43	27	20
AM	T	49	53	37	33
	C	56	60	44	40
NICAM System B/G	T	10	12	12	11
	C	11	13	13	12
NICAM System I	T				
	C				

제 6 장 전파예측 및 간섭분석 알고리즘 자동 선택

제 1 절 개요

본 장에서는 지금까지 연구된 간섭 분석 알고리즘 및 전파예측 알고리즘의 선택 기준과 보호비 기준 분석을 통하여 얻어진 결과를 활용함으로써, RFMS에 연동하여 분석을 위한 환경 및 입력 파라미터에 따라 자동적으로 적절한 분석 알고리즘을 선택할 수 있는 프로그램을 제안하였다. 또한 최종적으로는 간섭 분석 후 공유 여부 판정과 함께 공유 불가능 판정 시, 송신 전력 제한, 주파수 이격 또는 거리 이격 제시 등을 통한 공유 방안을 자동으로 설정할 수 있도록 예를 통하여 그 방법을 제안하였다.

제 2 절 간섭 분석 알고리즘 자동선택 및 활용 프로그램

본 연구를 통하여 제시된 전파 예측 알고리즘과 간섭분석 알고리즘의 적용 기준을 바탕으로 하여 RFMS에 적용 가능하도록 프로그램으로 작성하였다. 이 프로그램은 RFMS에서 무선국 허가나 주

파수 계획 또는 조정관련 업무를 위하여 전파 분석을 수행하는 부분을 강화할 수 있도록 제시되었다. 따라서 본 연구에서 제시된 방안을 그림 1-1에 보이는 전파 분석 모듈에 첨가, 수정하여 사용할 수 있다.

현재의 무선국 허가 업무는 허가 신청이 들어오면 전문가가 전파 분석 예상 지역에 대하여 전파예측 알고리즘을 선택하고 필요한 파라미터 값들을 입력한 뒤 전파 예측을 한다. 그리고 예측된 전계강도가 적정한 값인지 임의 판단에 의해 결정하고 허가 업무를 처리하게 된다. 이 경우, 주관청의 담당자의 경험을 바탕으로 수기에 의한 계산이나 실측을 통한 무선국의 간섭 영향 평가 등을 수행하여 신규 무선국이 기존의 무선국과의 공유 가능성을 판정하여 왔다. 하지만 신뢰성과 비용, 시간적 문제가 지속적으로 제기되어 왔는데 이러한 간섭 분석 문제 해결을 위한 신뢰성 있는 간섭 분석 알고리즘을 RFMS에 탑재하여 운용하기 위한 방안이 본 연구에서 수행되고, 그 결과를 다음과 같이 정리하였다.

주어진 그림 6-1은 앞의 3장, 4장 및 5장에서 연구된 전파 예측 알고리즘의 선택 기준 및 간섭 분석 알고리즘의 적용 기준을 이용하여 RFMS의 전파분석 과정에 적용했을 때의 흐름도를 보여준다. 전파 분석을 위해 사용자가 분석을 위한 무선국의 지번과 사용 주파수, 적용 업무, 적용 환경 및 분석 반경을 입력한다. 본 시스템

에서는 입력되어진 조건에 따라 자동적으로 전파 예측 알고리즘이 우선 순위를 가지고 제시된다. 그 후, 사용자가 제시된 알고리즘들을 참고로 하여 원하는 전파예측 알고리즘을 선택하고 송신 전력을 입력하여 전파예측을 수행한다.

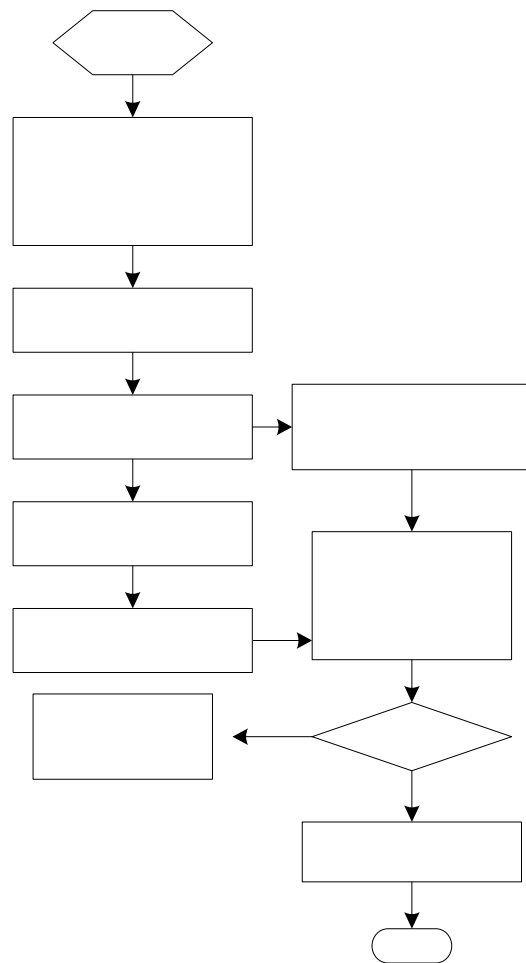


그림 6-1. 전파 분석 흐름도

전파 예측이 끝나면 간섭 분석을 위한 대상 간섭국과 피간섭국을 정하여 사용자가 시스템에 입력하게 된다. 입력된 시스템 정보를 활용하여 프로그램은 자동으로 적정한 간섭분석 알고리즘과 보호 기준을 제시하게 된다. 사용자는 제시된 알고리즘과 보호기준을 사용하여 프로그램을 작동시키면 간섭 분석을 자동으로 수행한 후, 공유 가능성 여부의 판정 결과가 출력된다. 만일 공유 불가능으로 판정될 경우, 공유 가능한 파라미터 값을 제시해줄도록 프로그램 되도록 제시되어 있다.

위에 제시된 방안에 따라 프로그램을 작성하고 이를 이용하여 전파분석 과정을 예로 보였다. 그림 6-2는 우선 전파 예측을 위한 과정으로 분석 지번이나 분석 적용 지역의 경위도 좌표를 입력받고, 주파수와 거리, 업무를 입력받아 전파를 예측한다. 이 때 입력된 파라미터 조건과 환경 분류 조건에 따라 전파 예측 모델이 우선 순위에 따라 자동적으로 출력된다. 그러면 사용자는 출력된 전파예측 모델 중 적용하고자 하는 모델을 선택하고, 송신출력을 입력해 주면 전파 예측을 수행할 수 있다. 필요 시, 사용자의 임의 선택에 의한 수동 예측도 수행할 수 있다.

그림 6-2. 전파예측을 위한 창

사용자는 프로그램에서 제시된 전파 예측 알고리즘이나 본인의 판단에 따라 전파 예측 알고리즘을 선택한 후, 전파 예측 버튼을 누르면 선택된 전파 예측 알고리즘에 대한 특정 파라미터를 입력할 수 있는 창이 뜨게 되고 여기에 적절한 파라미터를 입력하게 된다. 입력이 끝나고 확인 버튼을 누르면 간섭 분석을 위한 창이 나타나게 된다.

다음은 간섭 분석의 자동 선택을 통하여 전파 분석을 수행할 수

있도록 제안하였다. 이때 그 전 단계의 전파 예측 자동 선택을 입력 파라미터 조건들은 희망 송신기에 대한 파라미터들로 바로 간섭 분석을 수행하는 부분에 적용될 수 있다. 간섭 분석 창에서는 간섭원과 간섭 받는 시스템을 입력하여 둘 사이의 간섭량 혹은 수신 전계강도 등을 계산하여 공유 가능성 판정을 수행한다.

The image shows two software dialog boxes. The top one is titled 'InterferenceAn' and contains several sections for inputting system parameters. The bottom one is titled 'F1402입력' and is for specific parameter entry.

InterferenceAn Dialog:

- 단일간섭원 (Single Interferer):**
 - 피 간섭국 (Interferer): Fixed Wireless System
 - 간섭국 (Interferer): Mobile Wireless System
 - 보호기준 (Protection Criterion): 허용 I/N비 : 10dB
- 다중간섭원 (Multiple Interferers):**
 - 피 간섭국 (Interferer): [Dropdown]
 - 제1간섭국 (1st Interferer): [Dropdown]
 - 제2간섭국 (2nd Interferer): [Dropdown]
 - 보호기준 (Protection Criterion): [Dropdown]
- 알고리즘 선택 (Algorithm Selection):** F.1402
- 기본 파라미터 입력 (Basic Parameter Input):**
 - 피간섭국 주파수 (Interferer Frequency): 1900 [MHz]
 - 간섭국 주파수 (Interferer Frequency): 1900 [MHz]
 - 거리1 (Distance 1): 3 [km]
 - 거리2 (Distance 2): [km]
 - 송신출력 (Transmit Power): 22 [dBm]
 - TX대역폭 (TX Bandwidth): 0.3 [MHz]
 - RX대역폭 (RX Bandwidth): [MHz]
- 송신 안테나 정보 (Transmit Antenna Information):**
 - 형식 (Type): 무지향성 (Omnidirectional)
 - 높이 (Height): 10 [m]
 - 이득 (Gain): 10 [dB]
 - 파더손실 (Path Loss): 1 [dB]
 - 파더점높이 (Path Loss Height): 10 [m]
- 수신 안테나 이득 (Receive Antenna Gain):**
 - 형식 (Type): 지향성 (Directional)
 - 높이 (Height): 10 [m]
 - 이득 (Gain): 10 [dB]
 - 파더손실 (Path Loss): 1 [dB]
 - 파더점높이 (Path Loss Height): 10 [m]
- Buttons:** 알고리즘 선택, 간섭분석, 확인, 취소

F1402입력 Dialog:

- 특정 파라미터 입력 (Specific Parameter Input):**
 - 접속방식 (Access Method): TDD
 - 슬롯 수 (Slot Number): 4
 - Noise figure: 10 [dB]
 - Noise floor: -109 [dB]
- Buttons:** OK, Cancel

그림 6-3. 간섭 분석을 위한 입력 창

간섭을 일으키는 무선국 각각을 고려하거나 여러 간섭원에 의한 영향을 고려할 수 있도록 간섭원의 선택은 단일 간섭원이나 다중 간섭원으로 두 개까지 선택할 수 있도록 하였다. 향후 필요에 따라 더 많은 수까지 확장이 가능하다.

그림 6-3은 간섭 분석을 수행하는 모습을 예로 보인 것으로 고정 무선 접속 시스템과 이동 무선 접속 시스템 간의 간섭 분석의 예를 위한 것이다. 간섭 분석은 단일 간섭원에 의한 간섭 분석과 다중 간섭원에 의한 간섭 분석으로 나눌 수 있고, 간섭 시스템에 따라 적절한 간섭 알고리즘을 자동으로 선택할 수 있도록 한다. 여기서 두 시스템을 선택하게 되면 두 시스템에 대한 적절한 보호 기준이 출력되어 간섭 기준을 확인할 수 있도록 한다.

그리고 기본 파라미터로써 간섭국과 피 간섭국의 주파수와 두 시스템 간 거리, 간섭원의 송신출력, 간섭국과 피간섭국의 대역폭을 입력받는다. 또한 두 시스템의 안테나 정보를 입력받아 간섭 분석을 수행하게 되는데 이 때, 희망 송신국에 대한 정보는 전파 예측 과정에서 미리 입력받은 데이터를 이용한다. 그 후 선택된 알고리즘에 대한 특정 파라미터를 입력할 수 있는 창이 뜨게 되고 여기에 적절한 파라미터를 입력하게 된다. 마지막으로 입력받은 모든 파라미터 조건들을 이용하여 간섭 분석을 수행한다.

사용자가 입력된 파라미터 조건을 이용하여 선택된 알고리즘으

로 간섭 분석을 수행하면 그림 6-4에 보이는 것처럼 간섭 분석 결과가 나타난다. 간섭 분석 결과는 두 시스템 사이의 전파 손실과 수신된 간섭량으로 나타나며 이를 주어진 보호비 조건과 또 각 알고리즘 별 공유 기준에 따라 공유 가능성을 판정하고 허가 판단을 내린다. 이 때, 허가 불가능 판정을 받으면 공유 가능 방안을 제시 받을 수 있도록 송신전력, 주파수 이격 또는 거리 이격 값이 계산되어 나오도록 최종적인 시스템이 구성되어져야 한다.

최종 시스템의 구성을 위해서는 모든 전파예측 알고리즘과 간섭 분석 알고리즘, 전파 환경, 시스템 제원을 위한 데이터 베이스가 잘 구축되어 연동될 수 있어야 한다. 여기서는 모든 구축이 완료된 가정 하에 그림 6-3과 6-4에 보이는 바와 같이 FWA와 MWA 사이의 공유 가능성 여부를 판정하는 결과를 예제로 다루었다.

The screenshot shows a software window titled "전파손실" (Propagation Loss). It contains the following elements:

- 결과 (Results):**
 - 전파손실 (Path Loss): 122.6 [dB]
 - 수신간섭 (Received Interference): -90.6 [dB]
- 허가판단 (Permission Judgment):** A dropdown menu showing "가능" (Possible).
- 공유조건제시 (Sharing Condition Presentation):** A section with three input fields:
 - 송신전력제한 (Transmit Power Limit)
 - 주파수 이격 (Frequency Offset)
 - 거리 이격 (Distance Offset)
- Buttons:** "OK" and "Cancel" at the bottom.

그림 6-4. 간섭 분석 결과

이 두 시스템은 입력된 파라미터 조건에 따라 전파 손실과 수신 간섭을 예측하고, 주어진 공유 기준에 따라 공유 가능성을 판정한다.

주어진 예는 수신 간섭이 -90.6dB 이고 주어진 공유 조건은 보호비가 10dB , 잡음전력이 -114dB 로 주어진 공유 조건($\text{간섭} < \text{잡음전력} + \text{보호비}$)를 만족하여 공유 가능 판정을 내리고 그 결과를 보여준다.

제 7 장 결 론

본 연구에서는 현재 운용 중인 전파관리시스템(RFMS)의 기능 개선을 위하여, RFMS에서 지원하는 전파전파 예측 알고리즘들뿐만 아니라 향후 도입 가능성이 있는 모델들에 관한 연구를 통하여 이들을 분석 전파환경에 적합하도록 효율적으로 선택할 수 있는 방법론과 함께 RFMS를 활용한 전파 간섭 분석 기준 안 도출을 목표로 연구를 수행하였다.

이러한 목표를 성취하기 위하여 본 연구 보고서에서는 먼저 전파 간섭 분석을 하기 위한 기본 개념을 정립하였다. 즉 전파 간섭 분석 및 공유기준 설정을 위한 전체 과정의 흐름도를 구성하고, 세부 과정별 분석을 수행하였다.

그리고, 전파 간섭 분석을 RFMS내에서 수행할 뿐만 아니라 적정 간섭 분석 알고리즘을 자동으로 선정할 수 있는 기법의 개발을 위해서, 전파 예측 알고리즘에 관한 연구 결과도 간단히 기술하였다. 즉, RFMS에서 현재 사용하고 있는 전파예측 기법(Modified Hata, Modified COST 231-WI, Ray-tracing, Microwave, ITU-R radar, free space)들과 ITU-R에서 권고하는 향후 사용 가능성이 있는 기법들에 대한 특성 연구를 통하여, 이들 중 사용하는 전파환경에 적합한 전파전파 알고리즘을 자동으로 선택하는 기준 및 방법에 대한 연구 결과

를 기술하였다.

또한 향후 RFMS에서 적용할 수 있도록, ITU-R 권고안 및 CEPT 내의 ERC에서 수행한 지상파 업무를 위한 간섭분석 방법들 중 시스템 별로 적용을 할 수 있는 방법들과 일반적인 형태로 적용 가능한 간섭 분석 방법들로 나누어 연구한 결과를 기술하였다.

아울러, 연구된 간섭 알고리즘들을 바탕으로 하여 각 알고리즘들을 파라미터 별로 정리하고, 이를 이용하여 간섭 분석에 있어 알고리즘을 쉽게 이용할 수 있도록 적용 기준을 마련하였다. 또한 ITU-R에서 권고하고 있는 각 시스템에 대한 보호비를 정리하여 무선국 허가 업무 시 간섭 분석을 통한 공유 가능성 판단 여부를 위해 사용될 수 있도록 하였다.

마지막으로, 지금까지 연구된 간섭 분석 알고리즘 및 전파예측 알고리즘의 선택 기준과 보호비 기준 분석을 통하여 얻어진 결과를 활용함으로써, RFMS에 연동하여 분석을 위한 환경 및 입력 파라미터에 따라 자동적으로 적절한 분석 알고리즘을 선택할 수 있는 프로그램을 제안하였다. 또한 최종적으로는 간섭 분석 후 공유 여부 판정과 함께 공유 불가능 판정 시, 송신 전력 제한, 주파수 이격 또는 거리 이격 제시 등을 통한 공유 방안을 자동으로 설정할 수 있도록 예를 통하여 그 방법을 제안하였다.

본 연구에서 제안된 방법을 향후 RFMS에 추가하여 활용함으로써

써 무선국 인허가나 주파수 계획 수립, 또는 국가간 스펙트럼 조정 시, 전파 간섭 분석을 위한 시간과 경비, 노력을 절약하고 효율적이고 정확한 결과를 도출을 할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 정보통신부 전산관리소, *전파전파 분석시스템 사용자 안내서*, 2000.
- [2] ITU, RR, Volume 1, Article S1, *Terms and Definitions*, 1998.
- [3] 정보통신부, 전파법 시행령(무선국 분류), 2002.
- [4] Rec. ITU-R F.1334, "Protection Criteria for Systems in the Fixed Service Sharing the Same Frequency Bands in the 1 to 3 GHz Range with the Land Mobile Service," 1997.
- [5] Rec. ITU-R F.594-4, "Error Performance Objectives of the Hypothetical Reference Digital Path for Radio-Relay Systems Providing Connections at a Bit Rate Below the Primary Rate and Forming Part or All of the High Grade Portion of an Integrated Services Digital Network," 1997.
- [6] Rec. ITU-R P.634-4, "Error Performance Objectives for Real Digital Radio-Relay Links Forming Part of the High Grade Portion of International Digital Connections at a Bit Rate Below the Primary Rate within an Integrated Services Digital Network," 1997.
- [7] Rec. ITU-R F.696-2, "Error Performance and Availability Objectives for Hypothetical Reference Digital Sections Forming Part or All of the Medium-Grade Portion of an Integrated Services Digital Network

Connection At a Bit Rate Below the Primary Rate Utilizing Digital Radio-Relay Systems," 1997.

[8] Rec. ITU-R F.697-2, "Error Performance and Availability Objectives for the Local-Grade Portion At Each End of an Integrated Services Digital Network Connection At a Bit Rate Below the Primary Rate Utilizing Digital Radio-Relay Systems," 1997.

[9] Rec. ITU-R F.1092-1, "Error Performance Objectives for Constant Bit Rate Digital Radio-Relay Systems Which May Form Part of the International Portion of a 27500 km Hypothetical Reference Path," 1997.

[10] Rec. ITU-R F.1189-1, "Error Performance Objectives for Constant Bit Rate Digital Paths at or Above the Primary Rate Carried by Digital Radio-Relay Systems Which May Form Part or All of the National Portion of a 27500 km Hypothetical Reference Path," 1997.

[11] 한국정보통신기술협회, 최종연구 보고서, 국내 전파관리 시스템의 효율적 운영을 위한 전파전달 알고리즘 분석 연구, 2002.

[12] Rec. ITU-R P.1546, " Method for point to area prediction for terrestrial services in the frequency range 30 ~ 3000MHz," 2001.

[13] Rec. ITU-R P.370-7, "VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30MHz to 1000MHz," 1995.

- [14] Rec. ITU-R P.1146, "The prediction of field strength for land mobile and terrestrial broadcasting services in the frequency range from 1 to 3GHz," 1995.
- [15] Rec. ITU-R P.529-3, "Prediction methods for the terrestrial land mobile service in the VHF and UHF bands," 1999.
- [16] Rec. ITU-R P.452-10, "Prediction procedure for the evaluation of microwave interference between stations on the surface of the Earth at frequencies above about 0.7GHz," 2001.
- [17] Rec. ITU-R P.617-1, "Propagation prediction techniques and data required for the design of trans-horizon radio-relay systems," 1992.
- [18] Ill-Keun Rhee, Hyung-Soo Lee, Young-Joong Song, "Interference Analyzer Design and Its Application for Wireless Communication Services," The Proceedings of the IASTED International Conference on Applied Modeling and Simulation, Cairns, Australia, 1999.
- [19] Rec. ITU-R SM.337, "Frequency and distance separation," 1995.
- [20] 신경철, 이일근, 이형수, 송영중, 김경태, 이성수, "PCS 안테나 높이에 따른 간섭분석 연구," 1999 년도 한국음향학회 학술발표대회 논문집, 영남대학교, 대구, 347-350, 1999.

- [21] ERC Report 101, "A Comparison of the Minimum Coupling Loss Method, Enhanced Minimum Coupling Method, and the Monte-Carlo Simulation," 1999.
- [22] Rec. ITU-R F.302, "Limitation of interference from trans horizon radio relay systems," 1997.
- [23] Rec. ITU-R SM.1134, "Inter-modulation interference calculations in the land-mobile service," 1995.
- [24] Rec. ITU-R F.1334, "Protection criteria for systems in the fixed service sharing the same frequency bands in the 1 to 3GHz range with the land mobile service," 1997.
- [25] Rec. ITU-R F.1402, "Frequency sharing criteria between a land mobile wireless access system and a fixed wireless access system using the same equipment type as the mobile wireless access system," 1999.
- [26] Rec. ITU-R F.1095, "A procedure for determining coordination area between radio-relay stations of the fixed service," 1994.
- [27] Rec. ITU-R F.1096, "Methods of calculating line of sight interference into radio-relay systems to account for terrain scattering," 1994.
- [28] Rec. ITU-R BS.641, "Determination of radio frequency protection ratios for frequency-modulated sound broadcasting," 1986.

- [29] Rec. ITU-R SM.851, "Sharing between the broadcasting service and the fixed and/or mobile services in the VHF/UHF bands," 1993.
- [30] Rec. ITU-R BT.1368, "Planning criteria for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands," 2000.
- [31] Rec. ITU-R BT.656, "Radio-frequency protection ratios for an vestigial sideband terrestrial television systems interfered with by unwanted analogue vision signals and their associated sound signals," 2000.