

FDD 및 TDD 모드 채용 IMT-2000 시스템 기지국간 간섭분석 연구

A Study on Interference Analysis between Base Stations with FDD and TDD Modes for IMT-2000

이일근* · 이형수** · 이정규* · 신경철* · 김경태*

Ill-Keun Rhee* · Hyung-Soo Lee** · Jung-Kyu Lee* · Kyoung-Chol Shin* · Kyoung-Tae Kim*

요 약

본 논문에서는 국제전기통신연합(ITU)의 전파통신분야(ITU-R)에서 간섭분석기의 표준으로 채택한 몬테카를로 기법에 기초한 간섭분석기를 개발한 후, 개발된 간섭분석기를 이용하여 동일 주파수대역에 있는 IMT-2000(FDD)기지국과 IMT-2000(TDD) 기지국 상호간의 간섭영향 분석을 수행하였다.

개발된 몬테카를로 간섭분석기는 한국 지형에 적합하도록 전파모델로서 수정된 하타모델을 이용하였으며 국내 서비스 환경을 고려한 간섭 시나리오를 설정하여 모의실험을 수행하였다. 모의실험을 통하여 IMT-2000의 파라미터들의 적합성과 함께 동일 주파수 대역에 있는 두 시스템을 같은 셀 내에서 공유 가능성을 확인하였다.

Abstract

This paper introduces an interference analyzer based on the statistical approach called the Monte Carlo methodology which has been chosen as one of the interference analyzing techniques in ITU-R.

Furthermore, using the interference analyzer developed in this paper with modified Hata model, computer simulation is performed to examine probability of interference affecting between the base stations with FDD and TDD modes for IMT-2000. Through the simulation results, it is confirmed that two different systems with FDD/TDD modes of same frequency bands can be simultaneously used in a cell without significant interference, under the parameter conditions specified in this paper.

I. 서 론

국제전기통신연합(ITU : International Telecommunication Union)에서는 국제 로밍이 가능하도록 1920~1980 MHz과 2110~2170 MHz 사이의 총 120 MHz의 주파수대역을 IMT-2000(International Mobile Telecommunications-2000)용으로 할당함에 따라 기존의 고정 업무 및 이동업무와 공용하게 되었다. 미국, 일본을 비롯한 선진 유럽국가들에서는

동기식 또는 비동기식의 표준방식에 대한 연구가 꾸준히 진행되어 왔다^[1~3]. 우리나라에서도 국제 표준에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며^[4~5] 3개의 이동통신 업체를 선정하여 2002년부터 차세대 이동 통신 서비스를 시작할 예정이다. 선정된 이동통신 업체들은 가용 주파수 대역을 효율적으로 사용하기 위하여 표준 방식 내에 시분할 이중화(TDD : Time Division Duplex) 또는 주파수 분할 이중화(FDD : Frequency Division Duplex) 모드를 사용하

*한남대학교 전자공학과(Dept. of Electronic Engineering, Hannam University)
**한국전자통신연구원(ETRI)
· 논문 번호 : 20001104-02S
· 수정완료일자 : 2000년 12월 20일

게 되는데 이들을 동일 셀 내에서 같은 주파수대역을 사용하게 될 경우 서로 다른 이중화 모드를 사용하는 시스템들 간에 간섭영향이 우려되며 이들에 대한 연구를 통한 대비책이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 ITU-R에서 권고하는 몬테카를로 기법^{[8],[11]}을 바탕으로 한 무선서비스간 간섭분석기를 설계한 후, 이를 이용하여 대상 시스템간에 확실적인 간섭영향 분석을 수행하였다. 여기서 설계된 몬테카를로 기법에 의한 간섭분석기는 셀 반경 내에서 기지국으로부터 전계 강도를 여러 곳에서 측정하여 매 측정 때마다 이동단말기의 희망대역으로 들어오는 간섭량을 통계적인 방법으로 처리하는 효과를 소프트웨어적으로 구성한 것이다. 즉, 실제로 기지국이나 이동단말기를 들고 이동하면서 측정한 것과 같은 효과를 얻기 위하여 각각의 파라미터를 랜덤하게 발생시킴으로써 실제 여러 환경에서 측정하여 통계적 평균을 취한 효과의 전계 강도를 얻게 된다. 이와 같은 과정을 역으로 수행하면 기지국으로 들어오는 간섭량을 통계적인 방법에 의하여 예측할 수 있다. 본 논문에서 사용된 전파모델은 수정된 하타(Modified Hata)모델^{[6],[7],[9]}을 이용하였다. 수정된 하타 모델은 일본 NTT의 하타(Hata)에 의하여 수식적으로 제시된 방법을 안테나 높이와 주파수, 커버리지(Coverage)등을 확장하도록 수정한 것이다.

본 연구에서는 향후 시작될 IMT-2000 서비스에 대비하여 동일 주파수대역에 있는 FDD와 TDD 모드를 사용하는 서로 다른 기지국간에 미치는 간섭영향을, 설계된 간섭분석기를 이용하여 분석하고, 설정된 파라미터의 적합성을 알아보았다.

본 논문의 제 2장에서는 설계된 몬테카를로 간섭분석기의 구조와 설정된 간섭시나리오 및 파라미터 하에서 도심지, 중소도시, 개활지의 서로 다른 환경을 고려한 컴퓨터 모의실험을 수행하고 이들에 대한 분석 결과를 기술한 후 제 3장에서 결론을 맺는다.

II. 몬테카를로 간섭분석기를 이용한 환경에 따른 간섭분석

2-1 몬테카를로 간섭분석기의 구조

설계된 몬테카를로 간섭분석기는 그림 1에 보이

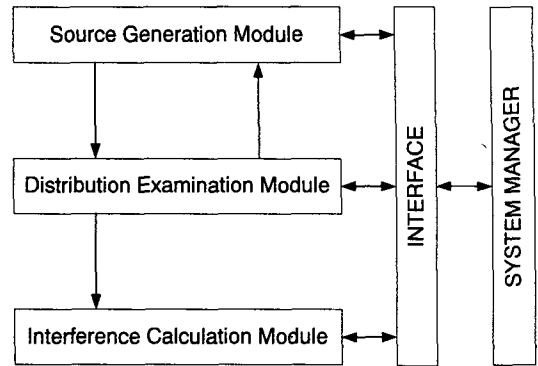


그림 1. 설계된 몬테카를로 간섭분석기의 구조
Fig. 1. Structure of the designed interference analyzer using Monte Carlo Methodology.

는 바와 같이 크게 다음의 3가지 처리모듈이 순차적으로 실행된다.

첫번째, 신호원 생성 모듈(SGM : Source Generation Module)은 원하는 시스템과 간섭시스템의 파라미터를 입력하여 각각의 파라미터를 랜덤하게 발생시켜 희망신호 전계 강도와 간섭신호의 전계 강도를 계산한다.

두번째, 분포 검토 모듈(DEM : Distribution Examination Module)은 SGM에서 발생한 신호의 전계 강도 분포가 통계적으로 안정성과 신뢰성을 가지는지를 평가한다.

세번째, 간섭 계산 모듈(ICM : Interference Calculation Module)은 SGM에서 발생한 희망신호의 전계 강도와 간섭신호 전계 강도의 비를 이용하여 시스템에서 요구되는 기준과 비교한 후 수신단에 들어오는 간섭량 및 간섭확률을 계산한다.

몬테카를로 기법^[9]은 모의실험과 관련된 수많은 파라미터들의 통계적 분포를 고려하여 여러 번에 걸친 과정을 반복하는 기법으로서 그 결과는 반복횟수에 따라서 달라지게 된다. 이 반복횟수는 그림 2에서 보이는 바와 같이 100,000번 이상이 되면 수렴하여 안정된 결과치를 얻을 수 있다^[10]. 따라서 본 연구에서의 시도횟수는 100,000번을 기준으로 하였다.

2-2 수정된 하타모델(Modified Hata Model)

표 1에서 보이는 바와 같이 처음 개발된 하타모

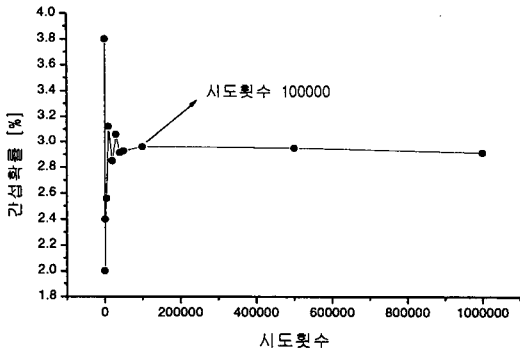


그림 2. 시도횟수에 따른 간섭확률
Fig. 2. Probability of interference in terms of number of trial.

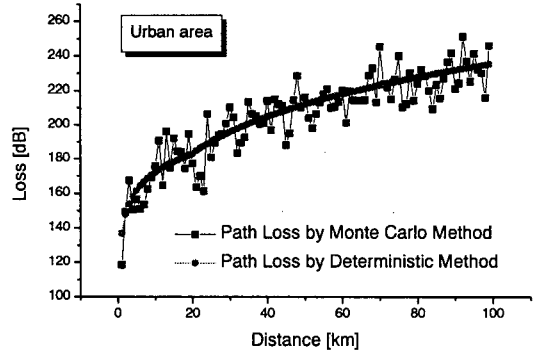


그림 3. 수정된 하타모델의 도시환경에서의 손실곡선
Fig. 3. Path loss curve for modified Hata model in urban area.

표 1. 하타모델과 수정된 하타모델의 비교
Table 1. Comparison of Hata model and modified Hata model.

파라미터	모델	하타	수정된 하타
주파수		100~1500 MHz	30 MHz~3 GHz
구간거리		1~20 km	1~100 km
기지국 안테나 높이		30~200 m	1~200 m
이동국 안테나 높이		1~10 m	1~200 m

델의 적용 범위는 주파수의 경우 100~1500MHz이고 구간거리는 1~20 km, 기지국의 안테나 유효높이는 30~200 m, 이동국 안테나 높이는 1~10 m로 제한적이다. 그러나 수정된 하타모델은 거리와 안테나 높이에 대한 보정계수를 이용하여 주파수의 경우 3 GHz, 거리는 20 km에서 100 km, 이동국 안테나 높이도 200 m까지 확장하였다^[9].

그림 3~5는 수정된 하타모델의 거리에 따른 손실곡선을 도심환경, 중소도시, 개활지 환경에 대하여 나타낸 것으로서 이들 그림으로부터 결정론적인 방법에 의해 그려진 곡선을 중심으로 몬테카를로 기법을 적용한 손실곡선이 분포함을 알 수 있다. 이것은 간섭분석기 내에서 경로손실 계산 시 사용되는 파라미터를 주어진 범위에서 랜덤하게 발생시킴으로서 건물, 나무, 자동차 등의 환경적인 요인과,

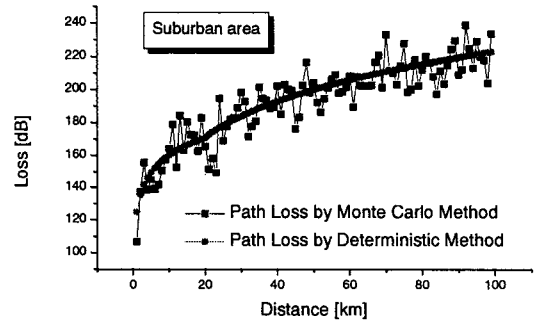


그림 4. 수정된 하타모델의 중소도시환경에서의 손실곡선
Fig. 4. Path loss curve for modified Hata model in suburban area.

산, 강, 고도 등의 지형적인 원인에 의하여 발생할 수 있는 모든 변화요인을 고려하기 위함이다. 또한, 송수신기 사이의 거리가 20 km 이상에서도 경로손실이 계산되고 있는 것을 확인할 수 있다.

2-3 간섭시나리오 설정

본 연구에서는 FDD와 TDD 모드 사용 IMT-2000 기지국 상호간의 간섭에 대한 영향을 살펴보기 위한 간섭시나리오를 그림 6에서와 같이 설정하였다. 간섭원으로 존재하는 IMT-2000 FDD/TDD기지국의 수는 국내 서비스업체 설정예정인 상황을 고려하여 3개로 하였다. 희망신호 셀 반경은 도심지의 경우 1

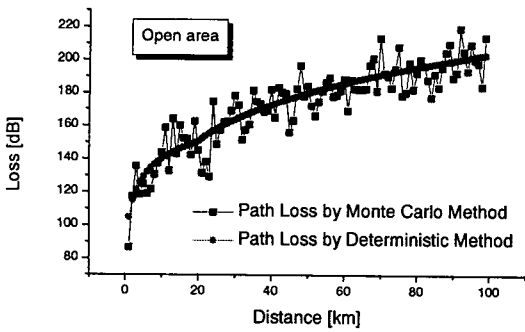


그림 5. 수정된 하타모델의 개방지 환경에서의 손실 곡선

Fig. 5. Path loss curve for modified Hata model in open area.

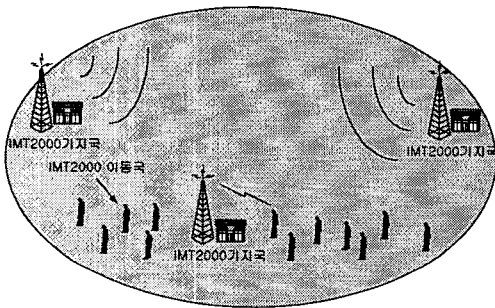


그림 6. 간섭시나리오

Fig. 6. Interference scenario.

km, 중소도시의 경우 1.5 km, 개활지의 경우 2 km^[10]로 설정하여 실제 환경과 유사한 환경에서 모의실험을 하도록 셀 반경을 설정하였다. 분석대상인 FDD 및 TDD 모드 채용 IMT-2000 시스템의 파라미터들은 표 2와 표 3에 각각 보여진다^[11]. 또한 희망신호와 간섭신호의 주파수 배치는 FDD와 TDD 모드를 사용하는 두 IMT-2000 기지국이 동일한 주파수대역을 사용한다고 가정하였다.

2.4 모의실험 및 분석

본 연구에서는 본 연구팀에 의해 설계된 간섭분석기를 이용하여 도심 환경, 중소도심 환경, 개활지 환경에서의 간섭분석을 실행하고 그 결과를 그림 7~9에 각각 나타내었다. 모의실험은 실제 상황에

표 2. FDD 모드 채용 IMT-2000 시스템의 파라미터
Table 2. Parameters for IMT-2000 system with FDD mode.

Parameter	Mobile station	Base station
Frequency Band Range	1920~1980 MHz	2110~2170 MHz
Transmit Power	23 dBm	40 dBm
Receiver Bandwidth	3.75	3.75 MHz
Antenna Height	1.5 m	30.0 m
Antenna Gain	0.0 dBi	14.5 dBi
Active Interferer Density Range	0.0 dBi	0.01~0.50/km ²
Receiver Sensitivity	-113 dBm	-118 dBm
Power Control Characteristic	Rx Power +Tx Power=-76	not used

표 3. TDD 모드 채용 IMT-2000 시스템의 파라미터
Table 3. Parameters for IMT-2000 system with TDD mode.

Parameter	Mobile station	Base station
Frequency Band Range	1920~1980	2110~2170 MHz
Transmit Power	30 dBm	40 dBm
Receiver Bandwidth	1.2 MHz	1.2 MHz
Antenna Height	1.5 m	30.0 m
Antenna Gain	0.0 dBi	14.5 dBi
Active Interferer Density Range	-108 dBm	-104 dBm
Receiver Sensitivity	Rx Power +Tx Power=-62	not used
Power Control Characteristic	Rx Power +Tx Power=-76	not used

서 발생할 수 있는 최악의 상황을 고려하여 IMT-2000 FDD/TDD기지국이 동시에 IMT-2000 TDD/FDD기지국과 이동국에 간섭을 미친다고 가정하였으며 2개의 IMT-2000 FDD/TDD기지국에서 희망수신기로의 거리를 가변시키면서 도심지, 중소도시, 개활지의 총 3가지 환경에 대하여 모의실험을

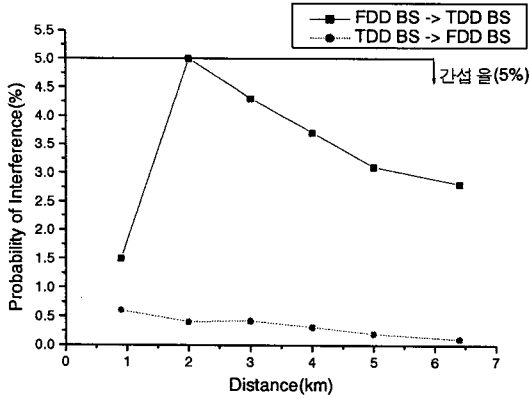


그림 7. 도심환경에서 IMT-2000 FDD/TDD 기지국 상호간 간섭률

Fig. 7. Prob. of interference between IMT-2000 FDD and TDD base stations in urban area.

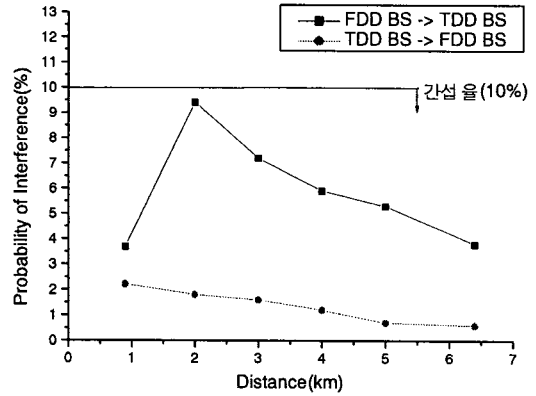


그림 9. 개활지 환경에서 IMT-2000 FDD/TDD 기지국 상호간 간섭률

Fig. 9. Prob. of interference between IMT-2000 FDD and TDD base stations in open area.

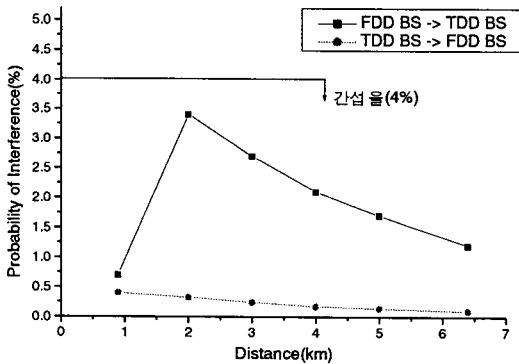


그림 8. 중소도시 환경에서 IMT-2000 FDD/TDD 기지국 상호간 간섭률

Fig. 8. Prob. of interference between IMT-2000 FDD and TDD base stations in suburban area.

수행하였다. 환경의 구분은 도심지는 3층 이상의 건물, 중소도시는 3층 이하의 건물을 고려하였으며, 개활지는 농경지나 지방의 가입자 밀도가 낮은 지역으로 정의하였다. 그림 9의 결과는 농경지나 가입자 수가 적은 지역으로 그림 7과 그림 8의 도심지와 중소도시에 대한 결과들에 비하여 간섭신호를 차단시키는 장애물이 적어 상대적으로 간섭신호 전력이 커지는 것으로 인하여 간섭률이 증가하고 있다. 설정된 파라미터 하에서 여러 가지 전파환경에 따른 모의실험 결과 FDD 기지국에서 TDD 기지국에 영

향을 미치는 경우든 TDD 기지국에서 FDD 기지국에 영향을 미치는 경우든 또한 어떠한 환경에서든 간섭확률이 모두 10%미만으로서 적절한 통화품질을 유지할 수 있음을 알 수 있다. 또한 0.8 km부터 6.4 km까지 거리를 가변시키면서 얻어진 TDD 기지국에서 FDD 기지국으로의 간섭확률의 평균치 및 표준편차는 각각 0.33% 및 0.14%로서 FDD 기지국에서 TDD 기지국으로의 간섭확률의 평균치 및 표준편차인 3.54%와 0.91%에 비해서 훨씬 적게 나타남을 확인할 수 있었다. 또한 같은 조건하에서 중소도시에서의 통화율이 도심환경이나 개활지 환경에 비해 전체적으로 적음을 알 수 있다.

III. 결 론

본 연구결과를 통하여 얻어진 모의실험 결과 최악의 환경에서도 FDD와 TDD 모드 채용 IMT-2000 기지국 상호간에 서로 치명적인 간섭영향을 미치지 않으므로, IMT-2000 FDD와 TDD 시스템을 사용하여 시·공간적으로 동일 셀 내에서 서비스가 가능함을 확인할 수 있었다. 따라서 향후 서비스 예정인 IMT-2000 시스템 사업자들이 한 셀 내에서 FDD와 TDD 모드를 서로 다르게 사용한 경우라도, 각 시스템 파라미터의 설정이 적절하게 이루어진다면 서로 다른 사업자들의 서비스가 시간적, 공간적으로 적절한

통화품질을 유지하며 공존할 수 있음을 알 수 있다.

본 연구는 독자적으로 설계된 몬테카를로 기법에 근거한 간섭분석기를 사용하여, IMT-2000 시스템의 파라미터들이 적절히 설정될 경우 FDD와 TDD 모드를 사용하는 차세대 이동통신 서비스의 시간적, 공간적 공존이 가능함을 입증하였으며, 본 결과는 차세대 이동통신 서비스의 국내 적용에 있어 비중 있는 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] 한국전자통신연구원, 제12차 ITU-R SG8 TG 8/1 FPLMTS 표준화 회의, 한국전자통신연구원, 1997. 4.
- [2] 박용완, "IMT-2000 시스템 기술 개관," Telecommunication Review, pp.9~17, 2000. 11.
- [3] Joseph C. Liberti, JR. and Theodore S. Rappaport, *Smart Antenna for Wireless Communications: IS-95 and third generation CDMA applications*, Prentice Hall PTR, New Jersey, 1999.
- [4] 한국전자통신연구원, 차세대 이동통신 기반기술 연구, 정보통신부, 1999.
- [5] 표준화연구회, IMT-2000 표준화 연구회 보고서, 차세대이동통신 기술개발협의회 표준화연구회, 1999. 12.
- [6] W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications*, McGraw-Hill, Singapore, 1996.
- [7] W. C. Y. Lee, *Mobile Communications Engineering*, McGraw Hill, New York, 1982.
- [8] ITU-R, "Monte Carlo Radio Compatibility Tool," *ITU-R Document 1-5/9-E*, 1997.
- [9] 이강영, 이동통신과 마이크로파 통신의 실무와 이론, 技多利, 1993.
- [10] 이일근, "무선 서비스간 간섭보호비 설정을 위한 분석기 개발," 한국전자통신연구원, 최종연구보고서, 1998.
- [11] ITU-R, "Monte-Carlo Simulation Tool", *ITU-R Document 1-5/174-E*, 1999.

이 일 근



1982년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1986년 6월: 미국 Oregon State University 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1990년 2월: 미국 Oregon State University 전기 및 전자공학과

(공학박사)

1996년 2월~1997년 1월: 미국 Oregon State University 방문교수(한국학술진흥재단 지원)

1990년 3월~현재: 한남대학교 정보통신멀티미디어공학부 교수

[주 관심분야] 어레이 디지털 신호처리, 디지털 이동통신과 위성통신의 간섭 분석 및 제거기술

e-mail : ikrhee@eve.hannam.ac.kr

이 형 수



1980년: 경북대학교 전자공학과(공학사)
 1985년: 연세대학교 전자계산학과(공학석사)
 1995년: 성균관대학교 정보공학과(공학박사)
 1983년~현재: 한국전자통신연구원

원 책임연구원

[주 관심분야] 전파전파 특성, 스펙트럼 관리기술, 무선망 설계

이 정 규



2000년 2월: 한남대학교 전자공학과(공학사)
2000년 3월~현재: 한남대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 어레이 디지털 신호 처리, 디지털 이동통신, Smart Antenna

e-mail : mermaid4@chollian.net

김 경 태



1999년 2월: 한남대학교 전자공학과(공학사)
1999년 3월~현재: 한남대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 어레이 디지털 신호 처리, 디지털 이동통신
e-mail : kkt0920@hanmail.net

신 경 철



1999년 2월: 한남대학교 전자공학과(공학사)
1999년 3월~현재: 한남대학교 전자공학과 석사과정
[주 관심분야] 디지털 이동통신, 위성통신, 간섭분석 및 제거기술
e-mail : bogo33@nownuri.net