

Intra-wireless 어선통신용 무선기기간 간섭확률분석에 관한 연구

A Study on the Analysis of Interference Probability between Radio devices for Intra-wireless fishing boat communications

김근오¹ · 박계각² · 조주필³ · 차재상⁴ · 이민호⁴ · 김지형⁵ · 이정훈⁵ · 김성권[©]
Keun-O Kim, Gye-Kack Park, Ju-Phil Cho, Jae-Sang Cha, Min-Ho Lee,
Ji-Hyung Kim, Jung-Hoon Lee and Seong-Kweon Kim

¹목포해양대학교 대학원 해양전자통신공학과

E-mail : kko4125@mmu.ac.kr

²목포해양대학교 해상운송시스템학부

E-mail : gkpark@mmu.ac.kr

³군산대학교 공과대학 전자정보공학부

E-mail : stefano@kunsan.ac.kr

⁴서울산업대학교 매체공학과

E-mail : chajs@snut.ac.kr

⁵서울산업대학교 IT 정책대학원

E-mail : jjihyung@lge.com

©목포해양대학교 대학원 해양전자통신공학과

E-mail : skkim12632@mmu.ac.kr

요 약

ISM(Industrial, Scientific, Medical)대역은 비면허 대역으로 일정한 출력 규제만 지키면 자유롭게 사용할 수 있다는 장점으로 인하여 육상 통신뿐만 아니라 해상 통신 영역까지 그 사용량이 급증하고 있다. 이에 어선 내에서 사용하는 전파용설비 및 ISM대역을 사용하는 소출력무선기기 등과의 전파간섭 문제는 시스템의 안정성을 열화시킬 수 있는 요인이 되며, 선박상황을 고려하면 안전성과 직결되므로, 간과되지 말아야 한다. 따라서 ISM대역에서 사용되거나 사용될 무선설비의 간섭확률 분석은 필수적이다. 본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 기반으로 하는 SEAMCAT을 이용하여 거리 및 밀도에 따른 간섭 시나리오와 전파 간섭 simulation methodology를 제안하였으며, 해상에서 환경을 가정하여 다른 전파간섭을 배제하였다. 제안된 시나리오를 적용하여 13.56MHz ISM 대역의 거리 시나리오 시뮬레이션 결과 RFID는 4.7m 이상, 모형기기는 2.7m 이상의 동종 기기간 이격거리를 가질 경우 간섭 영향이 양호하였다. 밀도 시나리오 시뮬레이션 결과 RFID(V_r)를 중심으로 간섭 영향권에 RFID와 모형기기가 각각 2개 이하, 모형기기(V_r)를 중심으로 간섭 영향권에 모형기기 2개 이하, RFID 1개 이하로 사용될 경우 통신 환경이 양호함을 알 수 있었다. 제안된 간섭 시나리오 및 시뮬레이션 기법은 향후 ISM대역의 규제 정책 및 간섭 확률 분석에 기여할 것으로 기대된다.

Keyword : ISM Band, Monte-Carlo Method, SEAMCAT, Victim Receiver(V_r), Interfering Transmitter(I_r)

1. Introduction

Industrial, Scientific, Medical (ISM) 대역은 국제전기통신연합 (International Telecommunication Union, ITU) 이 산업 (Industrial), 과학 (Scientific) 및 의료 (Medical) 등 전파용설비 (ISM기기) 용으로 지정한 주파수 대역으로 13.553~13.567MHz, 26.975~27.283MHz, 40.66~40.70MHz, 433.05~433.79MHz (1지역), 902~928MHz (2지역), 2.4~2.48 GHz, 5.725~5.875GHz, 24~24.25GHz, 61~61.5GHz, 122~123GHz, 244~246GHz로 지정하고 있다[1-2].

ISM 대역은 비면허 대역으로 일정한 출력의 규제만 지키면 자유롭게 사용할 수 있다는 장점 때문에 기존의

설비 및 기기는 물론이고, 새롭게 대두되는 다양한 전파용설비 및 무선설비들의 상당수가 이 대역을 목표로 개발 및 운용되고 있다. 최근 육상 통신뿐만 아니라 상대적으로 낙후된 해상 통신영역에서도 신기술 및 다양한 서비스를 제공하기 위한 연구가 진행됨에 따라 ISM 대역의 수요 범위가 광범위 해지고 있다. 또한 어업을 하는데 있어서, ISM대역을 사용하는 전파용설비 및 소출력 무선기기 등이 적극 사용되면서, ISM대역의 사용량 급증에 따른 무선설비간의 전파간섭은 무선설비의 서비스 범위와 시스템의 효율성 및 안정성을 열화시킬 수 있는 요인이 된다. 따라서 ISM대역에서 사용되는 무선설비의 전파 간섭확률의 분석은 필수적이다[3].

무선 시스템간의 간섭분석 방법으로 많이 사용되는 방법은 크게 Minimum Coupling Loss (MCL), Enhanced-MCL (E-MCL) 및 Monte-Carlo 방식으로 나눌 수 있다. MCL은 시스템 파라미터와 전파모델을 통해서 시스템이 간섭의 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해 떨어져야 하는 최소한의 거리 즉 이격 거리 (Protection

감사의 글 : 본 연구내용의 일부는 해양수산부
특정연구개발사업의 연구비 지원(과제번호
F10702407A220000110)에 의해 수행되었습니다.

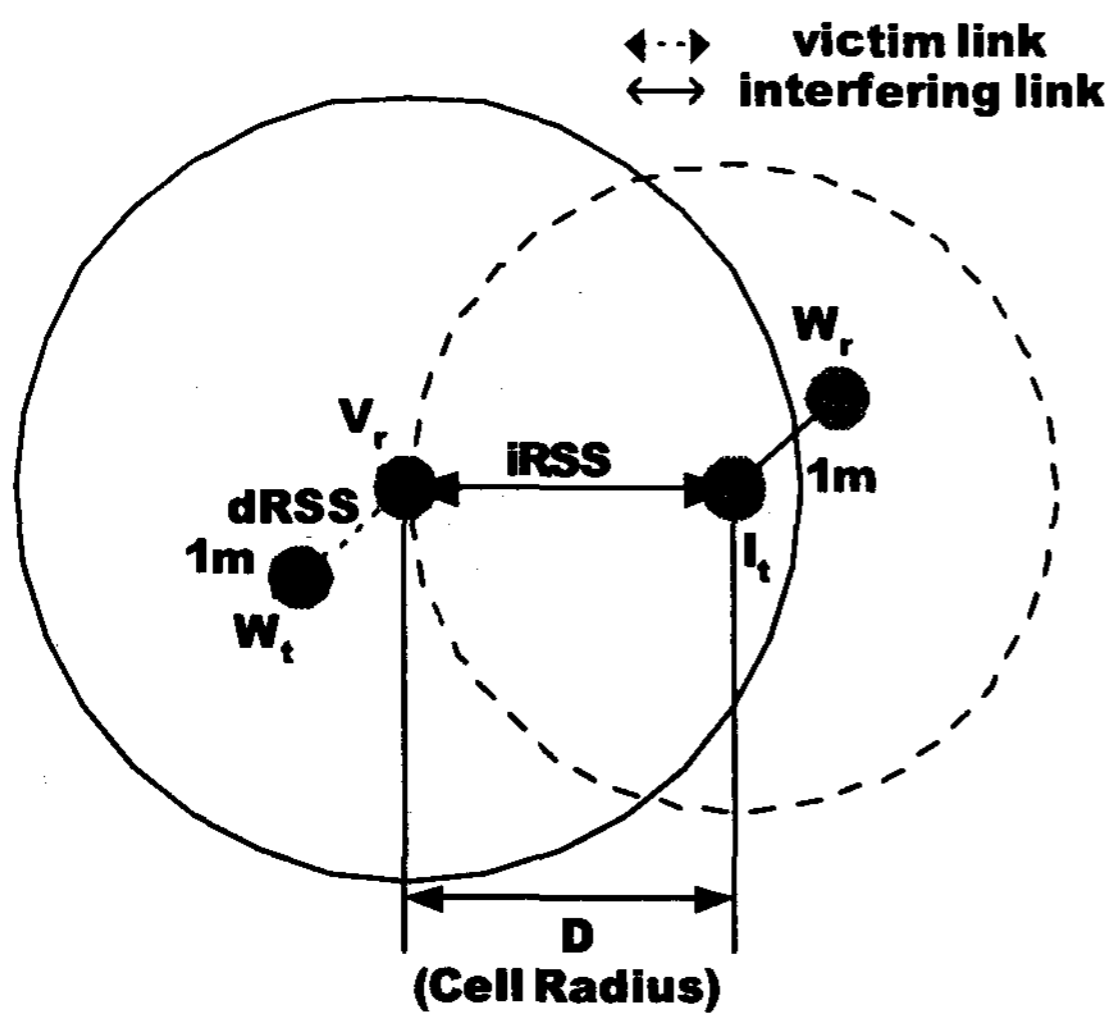


그림 1. 거리 시뮬레이션 모델
Fig. 1. Model of distance scenario

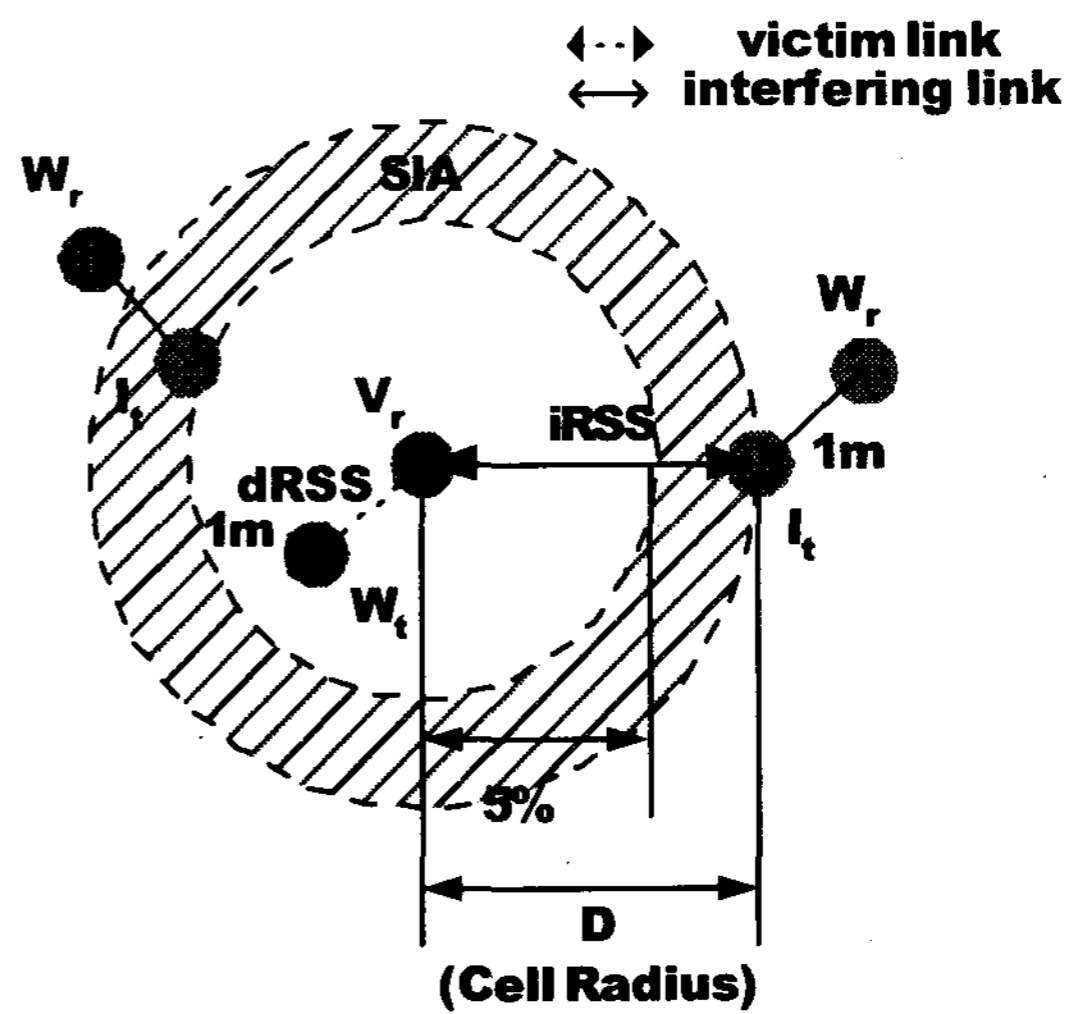


그림 2. 밀도 시뮬레이션 모델
Fig. 2. Model of density scenario

distance)를 계산한다. 그러나 MCL은 송수신기의 활동률(Activity factor)을 무시하고 일정한 크기의 송수신 신호가 계속 수신되는 worst case로 가정하므로 실제 적용하기에는 부적절할 정도의 큰 이격 거리 값이 계산 된다. MCL을 개선한 E-MCL은 링크 가용성(Link availability)을 고려하면서 이격거리와 간섭확률을 계산한다. Monte-Carlo 방법은 간섭환경과 관련된 모든 파라미터 값들을 지정하고 통계적인 방법에 의해 간섭 확률을 계산하는 방식으로 모든 간섭 환경을 시뮬레이션 할 수 있으나 복잡도가 큰 간섭분석 방법이다[4].

본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 기반으로 European Radiocommunications Office (ERO)에서 개발한 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 이용하여 간섭 시뮬레이션을 수행한다. 외부에서의 간섭영향을 무시할 수 있기 위하여 어선통신에서의 제한된 상황을 고려하면서 시나리오에 의해 계산된 13.56MHz ISM 대역의 RFID와 모형기기의 간섭확률 분석을 바탕으로 ISM 대역의 간섭 시뮬레이션 방법을 제안하고자 한다.

2. Proposed Interference Scenario

간섭 시나리오는 먼저 ISM 대역 주파수 분배표와 무선설비 기준을 토대로 ISM 대역별 스펙트럼, 출력전력 및 통신방식에 의해 각각의 전파이용설비 및 무선설비를 군으로 분류한다. 각 군에서 통신을 시도하는 기기는 Victim Receiver (V_r), 통신 시도에 대해 간섭을 발생시키는 기기는 Interfering Transmitter (I_t)로 정의된다. 여기서 V_r 에 대한 I_t 의 거리 또는 밀도를 조절하여 I_t 에 대한 V_r 의 간섭확률을 도출한다. 이때 전파이용설비는 통신기기가 아니므로 V_r 이 될 수 없고, I_t 로만 설정할 수 있으며, V_r 보다 통신 범위가 큰 기기는 I_t 로 설정할 수 없다.

ISM 대역에서 사용되는 전파이용설비 및 무선설비에서 무선설비와 무선설비 또는 무선설비와 전파이용설비간의 간섭은 V_r 과 I_t 사이의 거리를 변경하는 거리 시나리오와 I_t 의 밀도를 변경하는 밀도 시나리오로 구분한다.

I_t 의 최대 통신거리에 V_r 이 위치할 때 간섭을 받기 시작하므로 시뮬레이션에 적용되는 최대거리 D 는 그림 1

과 같이 I_t 의 최대 통신거리로 정의한다. I_t 의 통신거리인 D 는 link budget을 이용하여 산출할 수 있다.

예를 들어, 13.56MHz ISM 대역에서 사용되는 RFID(Radio Frequency IDentification)의 경우 반송파 주파수가 13.56MHz인 신호를 송신기에서 -27dBm의 출력값으로 송출하므로 파장(λ)은 22.12m이다. 그리고 사용되는 수신기에서 신호 대 잡음비가 최저 19.6dB, 수신기의 대역폭과 noise figure 값으로 결정되는 노이즈의 전력의 세기는 -61dBm이며, close-in reference distance $d_0=1m$ 로 가정 한다면, 주어진 신호 대 잡음비로부터 수신전력 값은 $P_r > (-61 + 19.6) = -41.4dBm$ 이다. 이것은 경로손실 값이

$$\overline{PL} = -27dBm - (-41.4dBm) = 14.4dB \quad (1)$$

보다 작은 값을 가져야한다. 거리 d_0 에서의 경로손실 값은

$$\overline{PL}(d_0) = \frac{(4\pi)^2 \cdot d_0^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi)^2 \cdot 1^2}{(22.12)^2} = -4.91dB \quad (2)$$

이다. 경로손실에 관한 식에 대입하여 free space 환경($n=2$)에서의 송수신기 간의 최대 거리 값, 혹은 셀의 크기를 구하면,

$$\overline{PL}(d) = \overline{PL}(d_0) + 10(n) \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (3)$$

$$14.4 = -4.91 + 10(2) \log\left(\frac{d}{1m}\right) \quad (4)$$

$D=9.2m$ 를 얻게 된다. 즉, 자유공간의 조건에서 13.56MHz

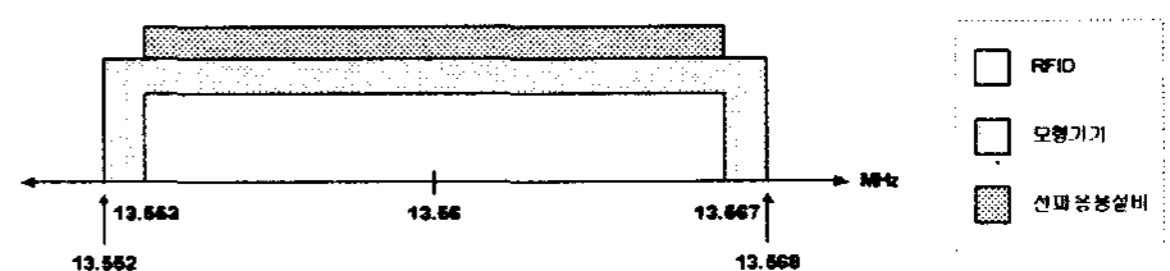


그림 3. 13.56MHz ISM Band 스펙트럼 분포.
Fig. 3. Spectrum distribution in 13.56MHz ISM Bandwidth.

표 1. 13.56MHz에 사용되는 기기의 기술기준[5-6].
Table 1. Specification of device in 13.56MHz ISM Bandwidth[5-6].

연번	종류	총 대역폭	전계 및 자계강도	Output Power
1	RFID	13.56MHz±7kHz	10mV/m@10m	-27dBm@10m
2	모형기기	13.552~13.568MHz	10mV/m@10m	-27dBm@10m
3	전파용용설비	13.553~13.567MHz	3dB(uA/m)@3m	산업용 50W, 의료용 50W

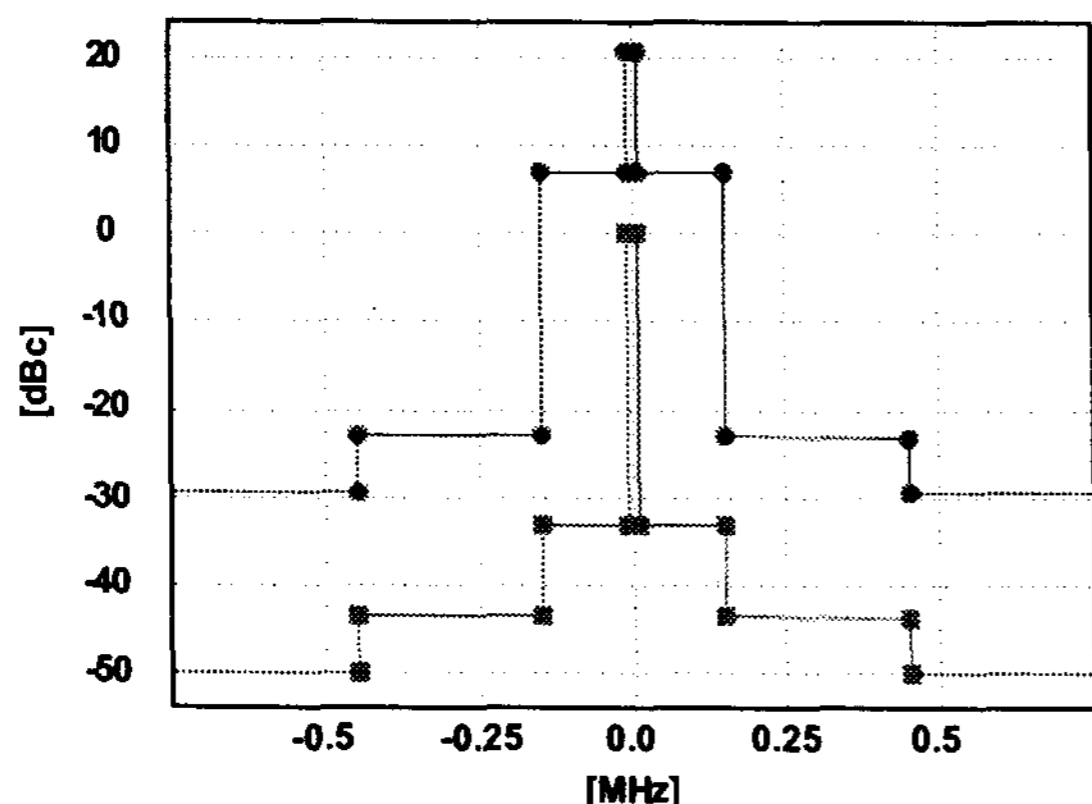


그림 4. RFID의 불요 방사 마스크[6].
Fig. 4. Unwanted Emission Mask of RFID[6].

표 2. RFID의 주요 제원.
Table 2. Main Parameter of RFID.

Parameter	Value	Unit
Frequency	13.56	MHz
Reception Bandwidth	14	kHz
Sensitivity	-70	dBm
Noise Floor	-61	dBm
Antenna Height	1.5	m
Antenna Azimuth	0~360	Degree
Antenna Peak Gain	6(Rx)/2(Tx)	dBi
Output Power	-27	dBm
C/I(Protection Ratio)	9	dB
Cell Radius	9.2	m

ISM 대역에서 사용되는 RFID는 그 반경이 9.2m 이다. 거리 시나리오는 위와 같이 계산된 cell radius을 이용하여 각 기기들의 통신거리를 산출하고 정의된 D를 변경하여 I_r에 대한 V_r의 간섭확률을 확인하게 된다. 밀도 시나리오에서는 간섭확률이 5%이내일 때의 거리와 cell radius의 사이를 간섭 영향권 (Security Interference Area, SIA)이라고 정의한다. 간섭 영향권에서 간섭원의 밀도를 증가시키며 간섭확률을 확인하는 것을 간섭 영향권 안에서의 유효 밀도 시나리오라 한다. 시나리오에서 victim link와 Interfering link상 각각의 RFID와 모형기기 간의 거리는 1m로 시뮬레이션 하였다.

3. Simulation (13.56MHz ISM Band)

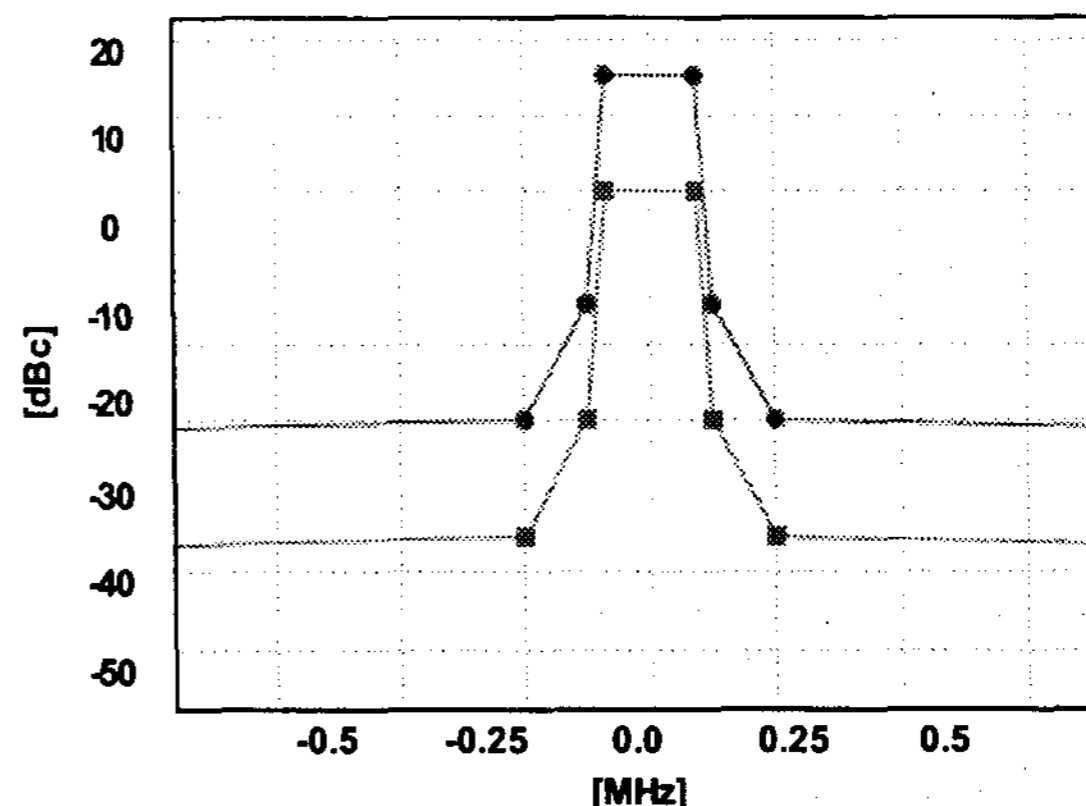


그림 5. 모형기기의 불요 방사 마스크[7].
Fig. 5. Unwanted Emission Mask of Remote Control Device [7].

표 3. 모형기기의 주요 제원.
Table 3. Main Parameter of RC Device.

Parameter	Value	Unit
Frequency	13.56	MHz
Reception Bandwidth	16	kHz
Sensitivity	-104	dBm
Noise Floor	-58	dBm
Antenna Height	1.5	m
Antenna Azimuth	0~360	Degree
Antenna Peak Gain	0	dBi
Output Power	-27	dBm
C/I(Protection Ratio)	9	dB
Cell Radius	6.53	m

본 절에서는 앞에서 제안한 간섭 시나리오를 토대로 13.56MHz ISM 대역의 간섭확률을 확인 한다.

13.553~13.567MHz 대역은 국제 주파수 분배표 주석 5.150의 내용에 따라 ISM 대역으로 설정되어 있으며, 국내에서는 무선근접카드용 무선기기인 RFID, 무선조정장치 그리고 전파용용설비가 사용된다. 이 주파수 대역에서 사용되는 RFID, 모형기기와 전파용용설비는 대한민국의 전파고시에 의한 출력전력에 따라 3개의 군으로 분류할 수 있다. A군은 중심 주파수 13.56MHz, 총 대역폭 14kHz를 사용하는 RFID 이며, 무선근접카드용 무선기기로 사용된다. B군은 13.552~13.568MHz를 사용하는 모형기기이며, 완구조정기로 사용된다. C군은 13.553~13.567MHz를 사용하는 전파용용설비이다. 13.56MHz 대역의 스펙트럼 분포는 그림 3과 같다.

C군인 전파용용설비의 출력전력이 제일 크며, A군인 RFID, B군인 모형기기는 같은 크기를 가진다. 시나리오에서 C군은 통신기기가 아니므로 V_r이 될 수 없고, 밀도 시나리오에서 출력전력이 가장 크기 때문에 I_r로 설정할 수 없다. 여기서 전파용용설비는 이 대역에서 거의 사용되지 않으므로 시뮬레이션에서는 제외하였고, propagation model은 free space model을 사용했다.

3.1 Simulation Parameters

대한민국의 정보통신부고시에 근거하여 중심주파수 13.56MHz를 기준으로 RFID와 모형기기의 frequency band에 따른 전계강도는 그림 4, 그림 5와 같이 나타낼

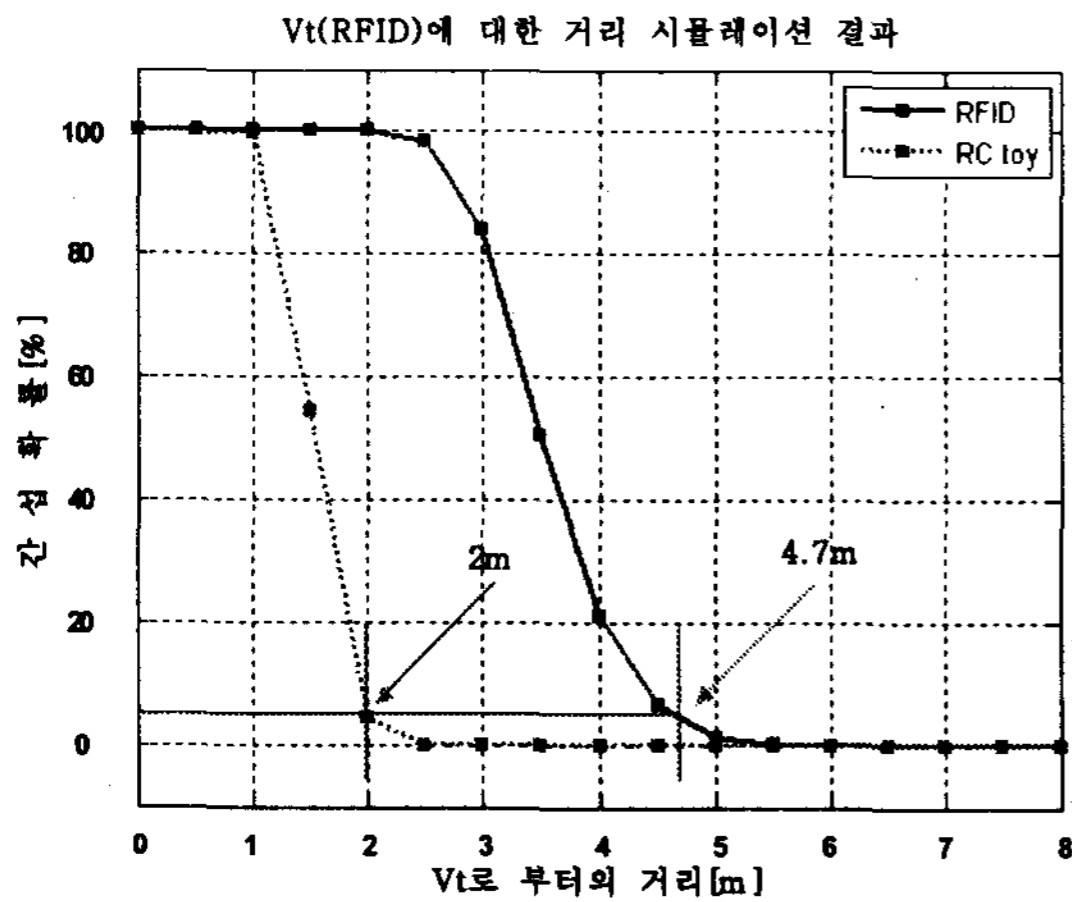


그림 6. V_t (RFID)에 대한 거리 시뮬레이션 결과.
Fig. 6. Distance simulation result of V_t (RFID) to SIA.

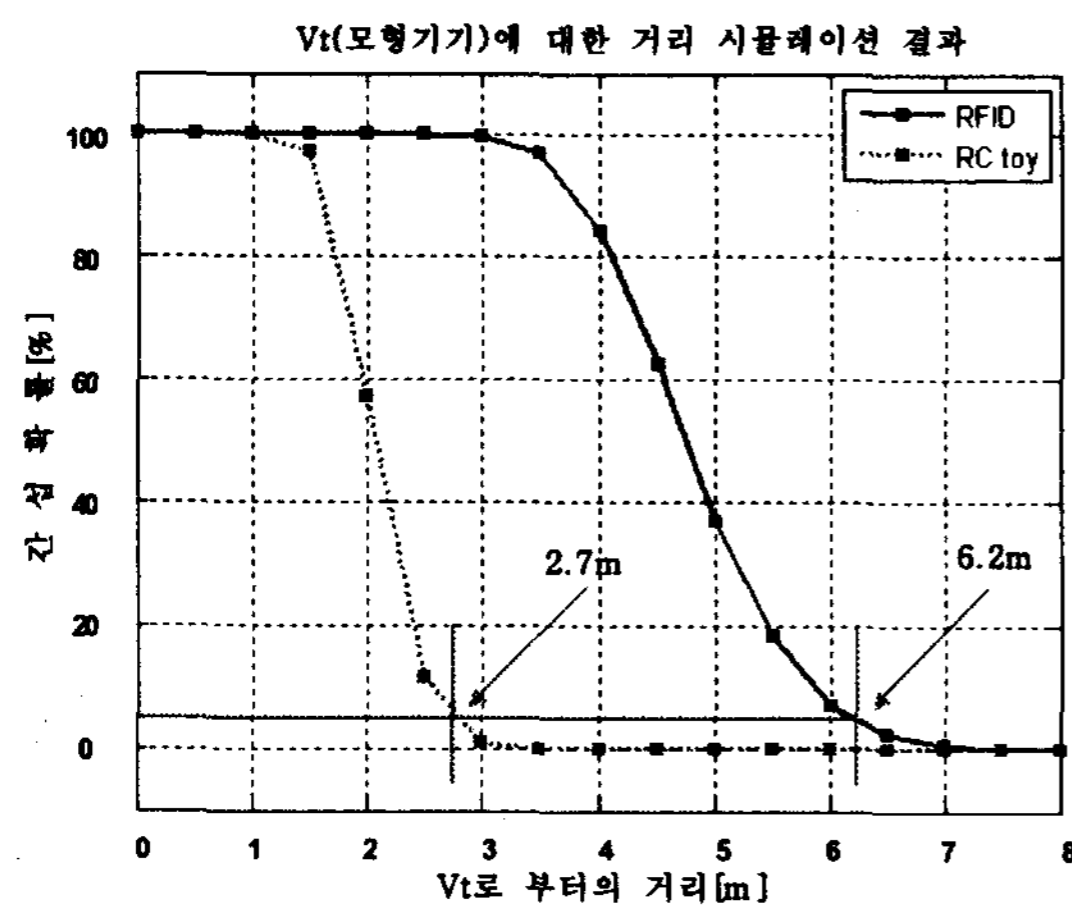


그림 7. V_t (RC Device)에 대한 거리 시뮬레이션 결과.
Fig. 7. Distance simulation result of V_t (RC Device) to SIA.

수 있다. RFID의 output power는 -27dBm이며, cell radius은 9.2m이다. 그리고 모형기기의 output power는 -27dBm이며, cell radius은 6.53m이다.

시뮬레이션에 입력된 RFID 및 모형기기의 main parameter는 표 2, 표 3에 각각 나타내었으나, 실제 값과는 상이할 수 있으며, 본 논문은 simulation methodology에 중점을 둔다.

3.2 Simulation Results & Analysis

일반적으로 간섭분석에서 간섭확률이 5% 미만일 경우 통신환경이 양호하다고 판단한다[4].

그림 6은 V_t 가 RFID이고, I_t 가 RFID와 모형기기 일 때 거리 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과이다. RFID 간의 간섭영향을 고려 시 4.7m 이상의 이격거리를 가질 때, 그리고 RFID와 모형기기의 간섭영향은 2m 이상의 이격거리에서 간섭 없이 사용할 수 있음을 알 수 있다.

그림 7은 V_t 이 모형기기이고 I_t 가 RFID와 모형기기일 때 거리 시뮬레이션에 대한 결과이다. 모형기기간의 간

섭영향을 고려 2.7m 이상의 이격거리를 가질 때 간섭 없이 사용할 수 있지만, 모형기기와 RFID간은 6.2m의 이격거리를 가지고 있어야 간섭 영향이 양호함을 알 수 있다.

V_t 이 RFID 일 때, 간섭확률이 5%이내일 때의 거리와 cell radius의 사이로 정의된 간섭 영향권 안에서 I_t 인 RFID와 모형기기를 V_t 과 임의의 거리로 배치하였을 때 밀도 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과 RFID가 V_t 인 경우 간섭 영향권에 RFID와 모형기기가 각각 2개 이하로 존재할 경우에 통신환경이 양호함을 알 수 있다. 그리고 V_t 이 모형기기일 경우에는 간섭 영향권에 모형기기가 2개, RFID가 1개 이하일 경우 통신환경이 양호하다는 것을 확인할 수 있다.

4. Conclusion

본 논문에서는 Monte-Carlo Method를 적용한 ISM 대역의 전파 간섭확률 simulation methodology를 제안하였다. 간섭 시나리오는 ISM 대역에서 사용되는 기기간 거리와 밀도에 따라 크게 두 가지로 구분된다.

어선통신을 전제로 하여, 그 밖의 전파간섭을 배제하였으며, 제안된 간섭 시나리오를 적용하여 13.56MHz ISM 대역의 시뮬레이션을 수행한 결과 거리 시나리오의 시뮬레이션에서 RFID는 4.7m 이상, 모형기기는 2.7m 이상의 동종 기기간 이격거리를 가질 경우 간섭이 발생하지 않았다. 또한 밀도 시나리오의 시뮬레이션 결과 RFID(V_t)를 중심으로 간섭 영향권에 RFID와 모형기기가 각각 2개 이하, 모형기기(V_t)를 중심으로 간섭 영향권에 모형기기 2개 이하, RFID 1개 이하로 사용될 경우 통신 환경이 양호하다는 분석이 가능하다. 제안된 간섭 시나리오 및 시뮬레이션 기법은 향후 ISM대역의 규제 정책 및 간섭 확률 분석에 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] ITU-R, SM.1056 Recommendation, "Limitation of Radiation from Industrial, Scientific and Medical(ISM) Equipment", 2007
- [2] 박진아, 천재영, 박승근 "국내 ISM 대역 활성화를 위한 제도 개선 방안" 전자통신동향분석 제22권, 제2호, p.102~p.113, 2007.04
- [3] 김성권, 여운서, 이민호, 이광희, 차재상 "ISM대역 소 출력 무선기기의 규제동향" 방송공학회지, 제12권, 제3호, p.71~p.92, 2007
- [4] 김영환, 어필선, 양훈기, 박승근, 강봉순, 김영수, 육중관 "몬테카를로(Monte-Carlo) 방법을 적용한 수동형 900MHz 대역의 RFID 간섭 분석" 전자공학회지 논문지 TC편, 제43권, 제1호, 2006.01
- [5] "산업과학의료용(ISM)대역 기기 전자파 장애 허용기준 및 측정방법"
- [6] 정보통신부고시 제2005-29호
- [7] Jerome Deloziere, Arnaud Toury, and Marc Le Devendec, "SEAMCAT User Manual" ERO, 2004.02