

무선기기간 간섭확률분석의 Intra-Wireless 선박 통신 적용

김성권*, 김동호°, 이성로*

An Intra-Wireless Vessel Communications Using Analysis of Interference Probability between Radio Devices

Seong-Kweon Kim*, Dong Ho Kim°, Seong Ro Lee*

요 약

본 논문에서는 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis) 시뮬레이터를 이용하여, 해상환경을 가정한 전파간섭 배제 조건으로, 전파응용설비와 ISM대역을 사용하는 소출력 무선기기와의 거리 및 밀도에 따른 간섭 시나리오 및 전파 간섭 시뮬레이션 방법론을 제안하였다. 선박 내에서 사용하는 전파응용설비와 소출력 무선기기 등과의 전파간섭 문제는 각 시스템의 안정성을 열화시킬 수 있으며, 선박상황을 고려하면 안전성과 직결되므로, ISM 대역에서 사용되는 무선설비의 간섭확률 분석은 필수적이라고 할 수 있다. 제안된 시뮬레이션 방법에 따른 시나리오를 적용한 13.56MHz ISM 대역에서의 거리 시나리오 시뮬레이션 결과, 희생원이 RFID인 경우와 모형기체인 경우 각각 4.7m 이상, 2.7m 이상의 동종 기기간 이격 거리를 가질 경우 간섭 영향이 최소화되었다. 제안된 간섭 시나리오 및 시뮬레이션 방법은 향후 선박 내에서의 ISM대역의 간섭확률 분석 및 규제 정책에 기여할 것으로 기대된다.

Key Words : ISM Band, Monte-Carlo Method, SEAMCAT, Victim Receiver(VR)

ABSTRACT

In this paper, we consider an interference scenario and interference simulation method of intra-wireless vessel communications using SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis) simulator. The interference between electromagnetic equipment and low power radio apparatus can deteriorate a stability of vessel system and it is necessary to analyze the interference probability between radio devices. The proposed simulation method in the 13.56MHz ISM frequency band shows that the interference effect can be minimized when the distance between the devices is greater than 4.7m and 2.7m in case that the victim receiver (VR) are RFID and remote control(RC) toy, respectively. The proposed interference scenario and simulation method are expected to be helpful in the interference probability analysis and regulation policy in the ISM frequency band.

I. 서 론

ISM(Industrial, Scientific, Medical)대역은 비면허

대역으로 일정한 출력 규제만 지키면 자유롭게 사용할 수 있다는 장점으로 인하여 육상 통신뿐만 아니라, 해상통신 영역까지 그 사용량이 급증하고 있다. 국제

※ 이 논문은 2012년도 서울과학기술대학교 교내 학술연구비 지원으로 수행되었습니다.(2012-0258)

◆ 주저자 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과, kim12632@seoultech.ac.kr, 정희원

° 교신저자 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과, dongho.kim@seoultech.ac.kr, 종신회원

* 목포대학교 정보전자공학과, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

논문번호 : KICS2013-01-042, 접수일자 : 2013년 1월 14일, 최종논문접수일자 : 2013년 3월 8일

전기통신연합 (International Telecommunication Union, ITU)은 ISM기기용으로 13.553~13.567MHz, 26.975~27.283MHz, 40.66~40.70MHz, 433.05~433.79 MHz (1지역), 902~928MHz (2지역), 2.4~2.48GHz, 5.725~5.875GHz, 24~24.25GHz, 61~61.5GHz, 122~123GHz, 244~246GHz을 ISM 대역으로 지정하고 있다^{1,2)}.

ISM 대역의 장점 때문에 기존의 설비나 기기는 물론이고, 새로운 전파응용설비 및 무선설비들의 상당수가 ISM대역에서 개발, 운용되고 있다. 최근, 육상 통신뿐만 아니라 상대적으로 낙후된 해상통신 영역에서도 다양한 서비스를 새롭게 제공하기 위한 연구가 진행됨에 따라 ISM 대역의 수요 범위가 광범위해지고 있다. 어업분야에 있어서도 ISM 대역을 사용하는 전파응용설비 및 소출력 무선기기 등이 적극 사용되면서, 무선설비간의 전파간섭은 무선설비의 서비스 범위와 시스템의 효율성 및 안정성을 열화시킬 수 있는 요인이 되고 있다.

따라서, ISM 대역에서 사용되는 무선설비의 전파 간섭확률 분석은 필수적이라고 할 수 있다³⁾. 현재, 무선 시스템간의 간섭분석 방법으로 많이 사용되는 방법은 Minimum Coupling Loss (MCL), Enhanced-MCL (E-MCL) 및 Monte-Carlo 방식 등으로 나뉘어져 사용되고 있다. MCL은 시스템 파라미터와 전파모델을 기반으로 시스템이 간섭에 의한 영향을 전혀 받지 않고 동작하기 위해 떨어져야 하는 최소한의 거리인 이격 거리 (Protection distance)를 계산해 주는 방법으로, 송수신기의 활동률 (Activity factor)을 무시하고 일정한 크기의 송수신 신호가 계속 수신되는 최악의 경우만을 가정하여 계산해 주는 특징이 있어, 실제 적용하기에는 부적절할 정도의 큰 이격 거리 값이 계산되는 단점이 발생하게 된다. 이 MCL 방법을 개선한 방법이 E-MCL이며, 링크 가용성 (link availability)을 고려하면서 이격 거리와 간섭 확률을 계산하는 보완방법이 사용되기도 하는데, MCL 방법의 단점을 크게 극복하지 못하였다. 마지막으로, Monte-Carlo 방법은 간섭환경과 관련된 모든 파라미터 값들을 지정하고 통계적인 방법에 의해 간섭 확률을 계산하는 방식으로, 수치의 확률적 분포를 반복 가능한 실험의 통계로부터 계산하는 방법이라고 할 수 있으며, 특히, 컴퓨터의 계산 처리 능력이 발전함에 따라 복잡한 통계적 문제를 분석하기 위해 사용되는 가장 강력하고 보편적인 방법으로 알려져 있다⁴⁾.

따라서, 본 논문에서는 간섭 시뮬레이션을 수행하기 위하여 European Radio-communications Office

(ERO)에서 Monte-Carlo방식을 기반으로 개발한 SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 이용하였으며, 외부에서의 간섭영향을 무시할 수 있는 해상환경의 어선통신에서의 제한된 상황을 고려하면서 시나리오에 의해 계산된 13.56MHz ISM 대역의 RFID와 모형기기의 간섭확률 분석을 바탕으로 ISM 대역의 간섭 시뮬레이션 방법을 제안한다.

II. 전파간섭 시나리오 개요

전파간섭 시나리오 작성을 위해서, 먼저 ISM 대역 주파수 분배표와 무선설비 기준을 토대로 ISM 대역별 스펙트럼, 출력전력 및 통신방식에 의해 각각의 전파응용설비 및 무선설비를 각각의 군으로 분류한다.

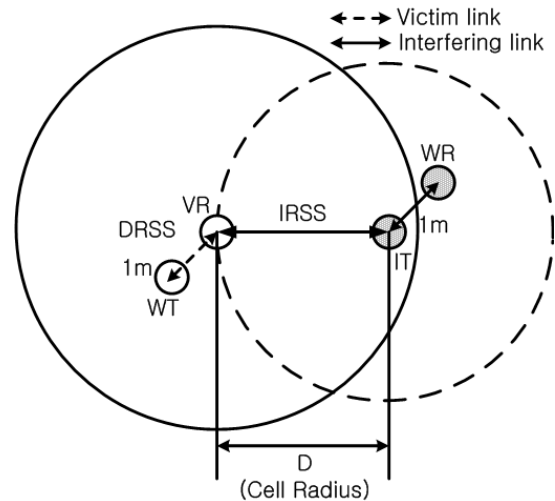


그림 1. 거리 시뮬레이션 모델
Fig. 1. Model of distance scenario

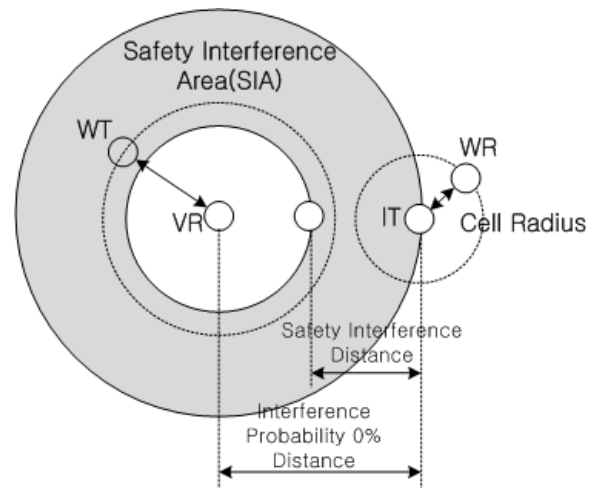


그림 2. 밀도 시뮬레이션 모델
Fig. 2. Model of density scenario

각각의 군에서 ISM 대역에서 사용되거나 사용될 기
기별로 경우의 수만큼 짝지어 간섭원과 희생원으로
적용한다. 시나리오에서 간섭원에 의해 간섭을 받는
희생원은 Victim Receiver (VR), 간섭의 영향이 없는
희망신호를 VR로 송신하는 기기를 Wanted
Transmitter (WT), VR에 간섭신호를 발생시키는 간
섭원을 Interfering Transmitter (IT)로 정의한다. 그리
고 VR과 WT 사이의 전파경로를 Victim Link, VR과
IT의 경로를 Interfering Link라 한다. 간섭환경에서
전파응용설비는 통신기기가 아니므로 VR가 될 수 없
고 IT로만 설정할 수 있다.

ISM 대역에서 사용되는 무선설비 및 전파응용설비
의 간섭 시뮬레이션은 무선설비와 무선설비 또는 무
선설비와 전파응용 설비간의 간섭으로 나타낼 수 있
으며, 그림 1과 같이 VR을 중심으로 IT 사이의 거리
(D)를 변경하는 거리시나리오와 그림 2에서 나타내는
바와 같이, 거리 시뮬레이션에 의해서 도출된 유효간
섭영역에서 IT의 밀도(N/km²)를 변경하는 밀도 시나
리오로 구분한다. 그림 2에서, Interference Received
Signal Strength (IRSS) 와 Desired Received Signal
Strength (DRSS) 관계는 간섭확률 계산의 자료로 이
용된다.

시나리오의 적용에 앞서 VR과 통신하고자 하는
Wanted Receiver(WR)는 각각 최악의 경우를 고려하
여, WT의 수신신호 세기를 가장 작게 설정하고, 간섭
기기 IT는 통신가능 최대 이격거리인 반경에 위치시
킨다. 여기서, 무선설비의 통신가능 반경은 주어진 통
신 링크 상에서 필요로 하는 성능(이득, 손실, BER
등)을 만족시키는 수식으로 링크 버짓(Link budget)을
이용하여 산출할 수 있으며, Link budget을 이용한 셀
의 크기는 수신기의 대역폭과 잡음지수(Noise Figure)
값으로 결정되는 노이즈 전력의 세기와 수신기의 신
호대 잡음비(Signal to Noise Ratio : SNR)의 합이 경
로손실 값보다 작은 값을 가져야 한다는 것을 이용하
여 산출한다.

표 1에서와 같이, 13.56MHz ISM 대역에서 사용되
는 RFID(Radio Frequency IDentification)의 경우, 반
송파 주파수가 13.56MHz 인 신호의 파장(λ)은
22.12m이며, 송신기에서 -27dBm의 출력값으로 송출
하고, 사용되는 수신기에서 신호대 잡음비가 최저
19.6dB, 수신기의 대역폭과 잡음지수 값으로 결정되
는 노이즈의 전력의 세기는 -61dBm, 최단 기준 거리
를 $d_0=1m$ 로 가정한다면, 주어진 신호 대 잡음비로
부터 수신전력 값 P_r 은 다음 식 (1)과 같이 되며,

$$P_r > (-61 + 19.6) = -41.4dBm \quad (1)$$

경로손실 값 Path Loss (PL)는

$$\overline{PL} = -27dBm - (-41.4dBm) = 14.4dB \quad (2)$$

이므로, 거리 d에서의 경로손실 값은 식 (3)과 같이 나
타내어진다.

$$\overline{PL}(d) = \frac{(4\pi)^2 d^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi)^2 1^2}{(22.12)^2} = -4.91dB \quad (3)$$

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

	Type	Frequency	E&M Field Intensity	Transmit Power
1	RFID	13.56MHz ±7kHz	10mV/m @10m	-27dBm @10m
2	RC-Toys	13.552~13.568 MHz	10mV/m @10m	-27dBm @10m
3	Electro Magnetic Equipment	13.553~13.567 MHz	3dB(uA/m) @3m	Industrial 50W Medical 50W

경로손실에 관한 식 (4)에 대입하여 자유공간 환경
(n=2), $d_0=1m$ 조건에서의 송수신기 간의 최대거리
값, 즉 셀의 반경을 구하면,

$$\overline{PL}(d) = \overline{PL}(d_0) + 10(n) \log\left(\frac{d}{d_0}\right) \quad (4)$$

$$14.4 = -4.91 + 10(2) \log\left(\frac{d}{1m}\right) \quad (5)$$

$d=9.2m$ 를 얻게 된다.

즉, 자유공간의 조건에서 13.56MHz ISM 대역에서
사용되는 RFID는 그 반경이 9.2m 이 된다.

거리 시나리오는 위와 같이 계산된 셀 반경을 이용
하여 각 기기들의 통신거리를 산출하고 정의된 d를
변경하여 IT에 대한 VR의 간섭확률을 확인하게 된다.

본 연구에서의 밀도 시나리오에서는 간섭확률이
5% 이내일 때의 거리와 셀 반경 사이를 간섭 영향권
(Safety Interference Area, SIA)이라고 정의하였으며,
간섭 영향권에서 간섭원의 밀도를 증가시키며 간섭확
률을 확인하는 것을 간섭 영향권 안에서의 유효 밀도
시나리오라 하였다. IT는 유효간섭영역에서 랜덤하
게 분포하며, VR의 간섭허용치를 만족하는 범위 내
에서 동시에 운용이 가능한 IT의 최대 개수를 확인한다.

III. 13.56MHz ISM 전파간섭 시뮬레이션

앞에서 제안한 간섭 시나리오를 토대로 13.56MHz ISM 대역의 간섭확률 모델은 다음과 같다. 13.553~13.567MHz 대역은 국제 주파수 분배표 주석 5.150의 내용에 따라 ISM 대역으로 설정되어 있으며, 표 1의 13.56MHz에 사용되는 기기의 기술기준에서 나타내는 바와 같이, 국내에서는 무선근접카드용 무선기기인 RFID, 무선조정장치 그리고 전파응용설비가 사용된다.

그림 3은 13.56MHz 대역에서의 스펙트럼 분포를 나타내었다. 이 주파수 대역에서 사용되는 RFID, 모형기기와 전파응용설비는 대한민국의 전파고시에 의한 출력전력에 따라 3개의 군으로 분류할 수 있다. A군은 중심 주파수 13.56MHz, 총 대역폭 14kHz를 사용하는 RFID이며, 무선근접카드용 무선기기로 사용된다. B군은 13.552~13.568MHz를 사용하는 모형기이며, 완구조정기로 사용된다. C군은 13.553~13.567MHz를 사용하는 전파응용설비이며 출력전력이 제일 크며, A군인 RFID, B군인 모형기기는 같은 크기를 가진다. 시나리오에서 C군은 통신기기가 아니므로, VR이 될 수 없고, 밀도 시나리오에서 출력전력이 가장 크기 때문에 IT로 설정할 수 없다. 여기서, 전파응용설비는 이 대역에서 거의 사용되지 않으므로 시뮬레이션에서는 제외하였고, 전파모델은 자유공간 모델을 사용하였다.

3.1. Simulation Parameters

중심주파수 13.56MHz를 기준으로 RFID와 모형기기의 주파수 대역에 따른 전계강도는 그림 4, 그림 5와 같이 나타낼 수 있다. RFID의 출력 전력은 -27dBm이며, 셀 반경은 9.2m이다. 그리고 모형기기의 출력전력은 -27dBm이며, 셀 반경은 6.53m이다. 시뮬레이션에 입력된 RFID 및 모형기기의 주요제원은 표 2, 표 3에 각각 나타내었다.

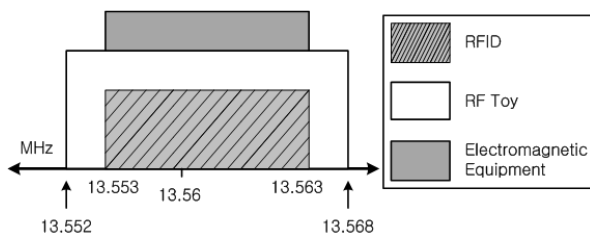


그림 3. 13.56MHz ISM Band 스펙트럼 분포
Fig. 3. Spectrum distribution in 13.56MHz ISM Bandwidth

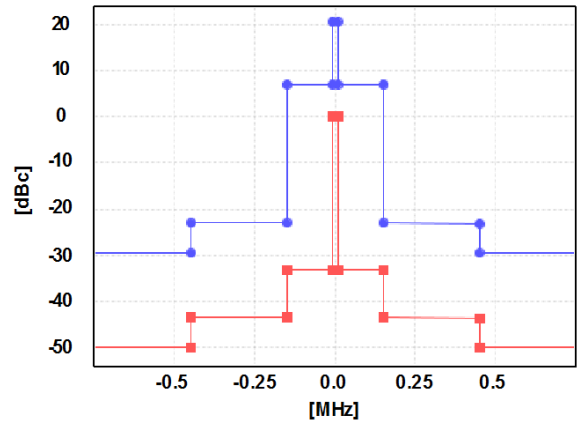


그림 4. RFID의 불요 방사 마스크[6]
Fig. 4. Unwanted Emission Mask of RFID[6]

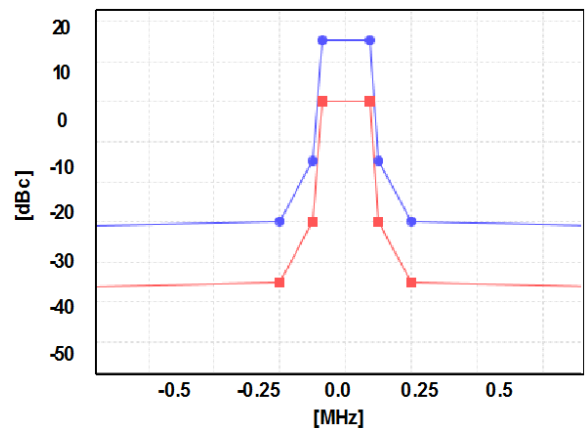


그림 5. 모형기기의 불요 방사 마스크[6]
Fig. 5. Unwanted Emission Mask of Remote Control Device [6]

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

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

3.2. Simulation Results & Analysis

일반적으로 간섭분석에서 간섭확률이 5% 미만일 경우 통신환경이 양호하다고 판단하며,[4] 그림 6은 VR이 RFID이고, IT가 RFID와 모형기기를 때 거리 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림 6으로부터, RFID 간의 간섭영향을 고려하면, 4.7m 이상의 이격 거리를 가질 때, 그리고 RFID와 모형기기의 간섭영향은 2m 이상의 이격 거리에서 간섭 없이 사용할 수 있음을 알 수 있다.

그림 7은 VR이 모형기기가이고 IT가 RFID와 모형기기가일 때 거리 시뮬레이션에 대한 결과를 나타내었다. 모형기기간의 간섭영향을 고려하면, 2.7m 이상의 이격 거리를 가질 때 간섭 없이 사용할 수 있지만, 모형기기와 RFID간은 6.2m의 이격 거리를 가지고 있어야 간섭 영향이 배제됨을 알 수 있다.

VR이 RFID 일 때, 간섭확률이 5%이내 일 때의 거리와 셀 반경의 사이로 정의된 간섭 영향권 안에서 IT인 RFID와 모형기기를 VR과 임의의 거리로 배치하였을 때, 밀도 시나리오에 대한 시뮬레이션 결과 RFID가 VR인 경우 간섭 영향권에 RFID와 모형기기가 각각 2개 이하로 존재할 경우에 통신환경이 양호함을 알 수 있다. 그리고 VR이 모형기기가일 경우, 간섭 영향권에 모형기기가 2개, RFID가 1개 이하일 경우 통신환경이 양호하다는 것을 확인할 수 있었다.

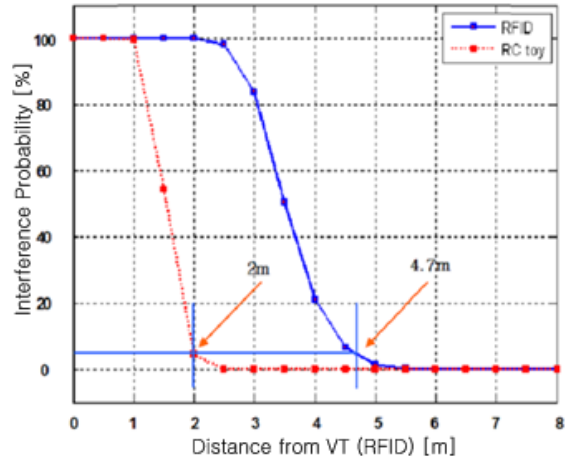


그림 6. IT로부터의 거리에 따른 간섭확률 시뮬레이션 결과: VR이 RFID인 경우
Fig. 6. Simulation result of interference probability based on the distance from IT: in case that VR is RFID

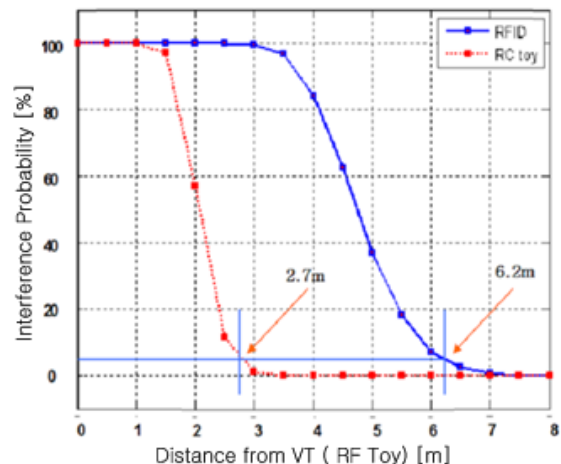


그림 7. IT로부터의 거리에 따른 간섭확률 시뮬레이션 결과: VR이 모형기기가인 경우
Fig. 7. Simulation result of interference probability based on the distance from IT: in case that VR is RCtoy

IV. 결 론

본 논문에서는 Monte-Carlo 방식을 기반으로 하는 SEAMCAT 시뮬레이터를 이용하여, 해상환경을 가정 한 전파간섭 배제 조건으로, 13.56MHz ISM 대역에서의 전파응용설비와 소출력 무선기기와의 거리 및 밀도에 따른 간섭 시나리오 및 전파 간섭 시뮬레이션 방법론을 제안하였다. 특히, 본 연구의 밀도 시나리오에서는 간섭확률이 5% 이내 일 때의 거리와 셀 반경 사이를 간섭 영향권 (Security Interference Area, SIA)이라고 정의하여, 간섭 영향권에서 간섭원의 밀도를 증가시키며 간섭확률을 확인하는 것을 간섭 영

향권 안에서의 유효 밀도 시나리오라 하였다. 제안된 유효밀도 시나리오에 따른 시뮬레이션 방법에 따른 13.56MHz ISM 대역에서의 거리 시나리오 시뮬레이션 결과, RFID는 4.7m 이상, 모형기기는 2.7m 이상의 동종 기기간 이격 거리를 가질 경우 간섭 영향이 최소화되었으며, 밀도 시나리오 시뮬레이션 결과, RFID를 VR로 하여, 간섭 영향권에 RFID와 모형기기가 각각 2개 이하, 모형기기를 VR로 한 경우, 간섭 영향권에 모형기기 2개 이하, RFID 1개 이하로 사용될 경우 통신 환경이 양호함을 알 수 있었다.

제안된 간섭 시나리오 및 시뮬레이션 방법은 향후, 선박 내에서의 ISM 대역의 간섭확률 분석 및 규제 정책에 기여할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] ITU-R, "Limitation of radiation from industrial, scientific and medical(ISM) equipment," ITU-R Recommendation SM.1056, 2007.

[2] J. A. Park, J. Y. Chun, S. K. Park, "Study on the revision of radio regulations for the promotion of a domestic ISM industry," *Electron. Telecomm. Trends*, vol. 22, no. 2, pp.102-113, Apr. 2007.

[3] S. K. Kim, W. S. Yeo, M. H. Lee, K. H. Lee, and J. S. Cha, "Regulation trends of small-power wireless devices in ISB band," *KSBE Mag.*, vol. 12, no. 3, pp.71-92, Sep. 2007.

[4] Y.-H. Kim, P.-S. Eo, H.-G. Yang, S.-K. Park, B. Kang, Y.-S. Kim, and J.-G. Yook, "Monte-Carlo based interference analysis of 900MHz passive RFID systems," *J. IEK TC*, vol. 43, no. 1, Jan. 2006.

[5] Ministry of Information and Communication (MIC), Acceptable standards for electro-magnetic interference of ISM-band devices and its measurement method (2005). Retrieved Jul. 05. 2005, from <http://www.kcc.or.kr>

[6] J. Deloziere, A. Toury, and M. Le Devendec, "SEAMCAT user manual," *ERO*, Feb. 2004.

[7] H. M. Kim and H. H. Ko, "Technical standards and use method for ISM frequency

band," *J. KICS*, vol. 7, no. 1, pp. 105~p.113, Jan. 1997.

김 성 권 (Seong-Kweon Kim)



2002년 일본 Tohoku대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
2002년~2004년 일본 Tohoku 대학교 Assistant Professor & Research Fellow
2004년~2009년 목포해양대학교 해양전자통신공학부 조교수

2009년~현재 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 부교수

<관심분야> 무선통신용 LSI설계, 무선통신시스템

김 동 호 (Dong Ho Kim)



1997년 2월 연세대학교 전자공학과 학사
1999년 2월 KAIST 전기 및 전자공학과 석사
2004년 8월 KAIST 전기 및 전자공학과 박사
2004년 9월~2007년 2월 삼성종합기술원 및 삼성전자 책임연구원

2007년 3월~현재 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 부교수

<관심분야> 무선통신시스템, 통신이론, 오류정정부호

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사
1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
1996년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사
1997년 9월~현재 목포대학교

공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템