

# 몬테카를로 기반의 가상현실 블루투스 기기와 무선랜 사이의 상호 공존 연구

윤혜주\*, 유철희\*, 김병덕\*, 조영도\* 정회원

## A Study on the Mutual Coexistence between Virtual Reality Bluetooth Devices and WLAN on the Monte-Carlo

Hye-Ju Yun\*, Chul-Hee Yu\*, Byung-Duk Kim\*, and Young-Do Jo\* *Regular Members*

### 요 약

전 세계적으로 통신체계 및 무선기기사용이 활성화됨에 따라 2.4GHz의 동일 대역을 사용하는 기기간의 간섭현상이 발생하게 되었다. 최근 기존의 전통 산업에 가상현실 기술을 접목한 신규 융합 콘텐츠 기술 발전으로, 교육, 전시, 방송, 테마파크 등 다양한 분야의 적용이 가능하며 연 평균 14% 이상의 성장률을 예상하고 있다. 가상현실 기기의 경우 부가적으로 모션센서나 무선 조이스틱을 이용하여 블루투스 통신을 이용하는 것으로 나타난다. 이에 따라 가상현실 기기에 사용되는 무선기기들과 현재 상용화된 와이파이 기반의 무선랜 사이의 간섭영향을 분석하였다. 간섭영향을 분석하기 위해 간섭시나리오와 확장된 하타 전파모델을 설정하였다. 몬테카를로 기반의 시뮬레이션을 수행하여 무선랜을 통하여 와이파이통신을 할 경우의 발생하는 간섭확률에 대해 분석하고, 가상현실 기기와 무선랜이 공존할 때 허용 가능한 가상현실 기기의 개수를 도출하였다.

**Key Words** : Industrial Scientific Medical, Virtual Reality, Bluetooth, Wi-Fi, SEAMCAT

### ABSTRACT

As a communications system and using the wireless devices is increased at the world, the interference among devices at 2.4GHz band become issue. New complex content technology as education, concert, broadcast, thema-park are developed between Virtual Reality technology and tradition. That is expect an annual growth rate of more than 14%. Almost Virtual Reality devices use motion sense or a wireless joystick. Therefore it is necessarily to analyze the coexistence between Virtual Reality devices and Wi-Fi in the ISM band. The interference scenario and propagation of the Extended Hata Model was established to analyze the interference from WLAN into Virtual Reality devices. Through simulation results based on Monte-Carlo principle, separation frequency was obtained to protect WLAN interference from Virtual Reality devices.

## I. 서 론

많은 무선기기들의 출현은 우리 생활에 쾌적하고 편리하며 안락한 생활을 추구하는 삶의 질 향상에 도움을 주며, 최근 스마트폰과 태블릿 PC등의 무선 모바일 기기들을 이용한 다양한 멀티미디어 서비스의 이용이 급증하고 있다[1]. 이에 따라 무선단말기 사용자 또한 증가하고 있으며, 무선인터넷 사용자 수도 계속해서 증가하고 있다. 2014년 모바일 인터넷 접속방법의 경우 Wi-Fi를 통한 인터넷 접속이 83.7%로 높은 수치를 나타냈다[1]. 또한 Wi-Fi 기술이 무선 단말기 시

장에서 가장 빠르게 성장하고 있음을 확인할 수 있으며 상당히 상용화 되어있다.

또한 최근 Wi-Fi기기와 혼용하여 블루투스 기기들이 많이 대중화되어 전화기, 모뎀, 헤드셋 등과 같은 많은 종류의 제품에 적용되어 있다. 그 중 가상현실 기술을 통한 신규 융합 콘텐츠 기술 발전으로 교육, 전시, 방송, 테마파크 등 다양한 분야의 핫이슈로 부각되고 있다. 또한 글로벌 기업들이 가상현실 기기의 개발에 집중하고 있으며 연 평균 14% 이상의 성장률을 예상하고 있다. 가상현실 장비로 HMD(Head Mount Display)와 모션센서 또는 블루투스를 이용한 컨트롤

\* 한국가스안전공사 가스안전연구원 안전연구실 (hyeju4413@kgs.or.kr)

※ 본 연구는 국토교통부 플랜트연구사업의 연구비지원(16IFIP-B087592-03)에 의해 수행되었습니다.

접수일자 : 2016년 12월 4일, 최종 게재확정일자 : 2016년 12월 22일

러 등을 통해 데이터를 전송하거나, 휴대용 컴퓨터로 파일을 전송하는 등으로 장치들 간의 접속과 정보교환을 가능하게 해준다. 블루투스 통신은 주파수 호핑 확산 스펙트럼이라는 기술을 사용하여 데이터를 잘라서 그 덩어리를 최대 79개의 주파수에 실어 보내는 기능을 가지고 있다.

위의 Wi-Fi 통신이나 블루투스 통신의 경우, 주로 ISM대역을 사용한다. ISM(Industrial, Scientific and Medical)대역은 산업, 과학 및 의료 목적으로 할당된 대역으로 전파사용에 대한 허가를 받을 필요가 없어 저전력의 전파를 발산하는 개인 무선기기에 많이 사용되고 있는 대역이다.

본 연구에서는 다양한 ISM기기 중에서 대표적인 Wi-Fi(Wireless Fidelity) 통신기기인 무선랜과 블루투스 통신기기 중 가상현실 기반의 컨트롤러 기기 사이의 상호공존을 분석하기 위해 상호간섭영향을 몬테카를로 기반의 스펙트럼 엔지니어링(Advanced Monte Carlo Analysis Tool; SEAMCAT)을 이용하여 시뮬레이션 분석하였다.

## II. 간섭모델의 기능과 파라미터

### 1. 가상현실 블루투스 컨트롤러

블루투스통신은 저비용 트랜시버 마이크로 칩 기반의 짧은 거리와 저전력으로 설계된 통신 표준이다. 또한 근거리에 있는 2개 혹은 그 이상의 장치 간에 낮은 대역폭으로 정보를 교환하는 경우에 유용하며, 향후 최대 전송거리가 100M로 근거리 뿐 아니라 멀리까지 지원도 가능하며 블루투스를 통하여 외부에 있는 사용자나 클라우드 서비스를 연결해주는 역할을 감당하면서 블루투스의 역할도 커지고 있다.

표 1. 블루투스 기기의 성능 파라미터(BK3231)[2]

Parameters	Value	Unit	
Physical Standard	IEEE 802.15.1		
Frequency	2400~2480	MHz	
Thermal Noise	-114	dBm/Hz	
Transmit Power	5	dBm	
Bandwidth	1	MHz	
Sensitivity	-88	dBm	
Modulation	G-FSK (Gaussian Frequency Shift Keying)		
Data rate	1	Mbps	
Emission Mask	Out of band emission 2MHz	-20	dBm
	Out of band emission 3MHz	-40	dBm

### 2. Wi-Fi 통신 기반의 무선랜

Wi-Fi에서 사용되는 2.4GHz 대역은 ISM대역으로 비면허 대역에 해당하여 다양한 무선기기들이 함께 주파수를 사용하고 있다. 다양한 Wi-Fi통신기기 중 대표적인 무선랜

기를 실험대상으로 선정하였으며, 무선랜 성능 파라미터를 표 2에 나타내었다[3].

표 2. 무선랜의 성능 파라미터

Parameters	Value	Unit
Physical Standard	IEEE 802.11b	
Frequency	2412/2442/2472	MHz
Thermal Noise	-100	dBm/Hz
Transmit Power	17	dBm
Bandwidth	22	MHz
Sensitivity	-83	dBm
Modulation	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)	
Data rate	11	Mbps
Emission Mask	Emission Power level of IEEE.802.11b Wi-Fi	

WiFi통신의 송신기에 IEEE.802.11b의 표준에 의한 방사전력레벨로 그림 1과 같은 방사마스크를 설정해주었다[4].

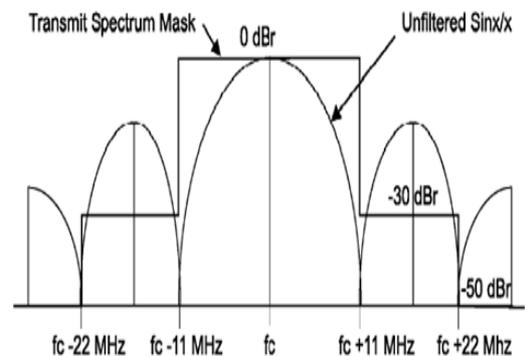


그림 1. IEEE.802.11b Wi-Fi의 방사전력레벨

## III. 간섭시나리오

무선 블루투스 기기와 Wi-Fi 무선랜 사이의 간섭분석 시나리오는 그림 3과 같이 간섭원의 송신기를 가상현실 컨트롤러 기기로 하고 수신기를 단말기로 설정하였다. 또한 희생원의 송신기는 무선랜으로 두고 수신기는 간섭원의 수신기인 단말기로 설정하였다. 즉 간섭원과 희생원의 수신기를 같은 기기로 일치하였다. 희생원 송신기의 주파수는 2412MHz로 설정하였고, 간섭원 송신기의 경우는 희생원의 거리에 따른 종속변수로 설정하였다.

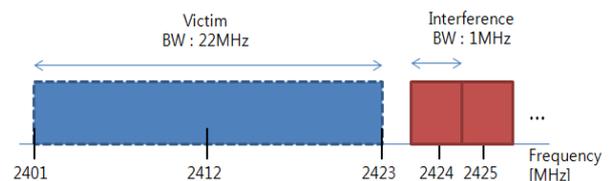


그림 2. 가상현실 컨트롤러와 무선랜 사이의 기본 주파수설정

첫 번째 시나리오는 간섭원의 송신기인 가상현실 컨트롤러 기기가 희생원의 수신기인 무선단말기에 미치는 간섭영향을 분석하도록 설정하였다.

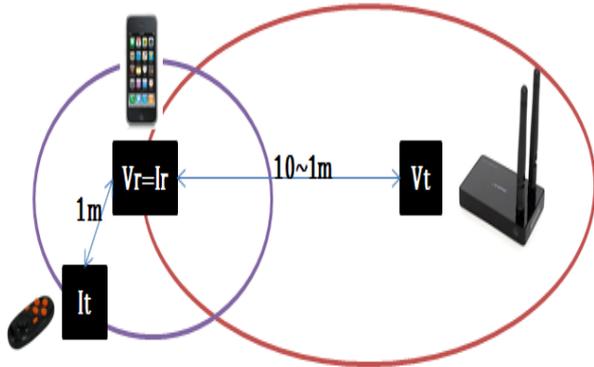


그림 3. 가상현실 컨트롤러와 무선랜 사이의 간섭 시나리오

간섭원과 수신기 사이의 거리는 1m 내에서 랜덤하게 분포하고, 변수로는 희생원의 송·수신기 사이의 거리를 10m ~ 1m로 나누어 간섭원과 희생원 사이의 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호주파수를 도출하였다[5].

두 번째 시나리오는 실제 사용하는 환경을 고려하여 간섭원의 송신기는 희생원 송신기를 기준으로 10m 이내에 랜덤하게 분포되는 형태로 설정하고, 변수로 희생원의 송·수신기의 거리를 두어, 변수에 따른 간섭원의 허용가능 기기의 수를 도출하였다[6].

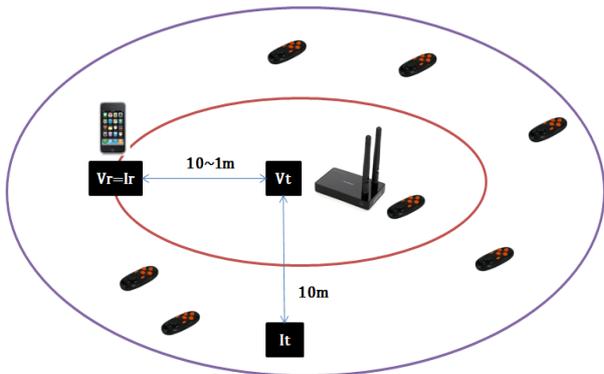


그림 4. 가상현실 컨트롤러와 무선랜 사이의 간섭 시나리오

## IV. 시뮬레이션 및 결과

### 1. 몬테카를로 기반의 심켓 시뮬레이션

심켓은 최적의 스펙트럼 관리를 위해 유럽에서 주로 사용되는 통계적 분석 방법의 시뮬레이션툴로써 그림 5와 같이 분석할 시스템을 희생원과 간섭원으로 구분하고, 개별 시스템을 구성하는 송수신기의 위치, 안테나 높이, 안테나 이득, 전파 모델 등을 설정하는 기능을 가지고 있다. 또한 심켓이

채택하는 성능 평가 척도로는 간섭확률, 용량, 전송효율 등이 있다[7].

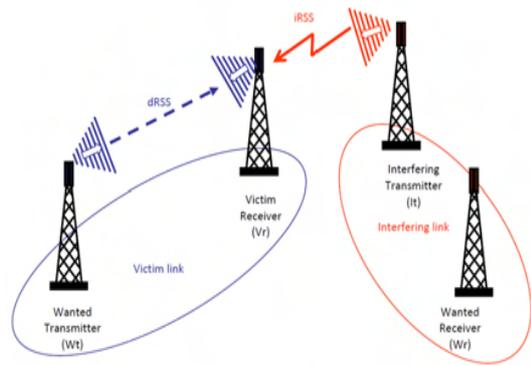


그림 5. 희생원과 간섭원의 관계

심켓을 이용한 시뮬레이션은 여러 번의 반복 시행을 통하여 각 시행마다 dRSS(desire Receive Signal Strength)와 iRSS(intefere Receive Signal Strength)의 비를 구하고 C/I(Carrier to interference)와 비교하여 간섭여부를 판정하고, 전체 이벤트 횟수에서 간섭 상황이 발생하는 횟수를 확인하여 간섭확률을 구하는 것으로 C/I는 15dB로 설정하였다[3].

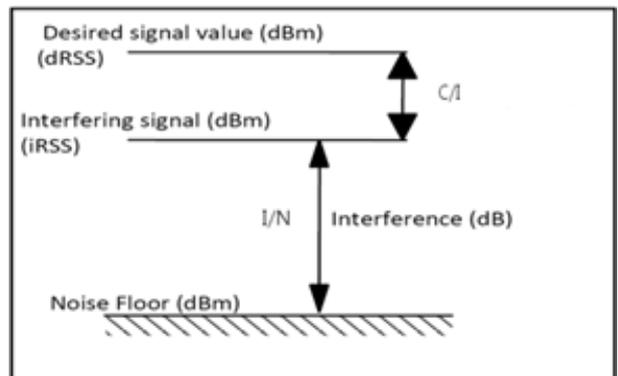


그림 6. 문턱값 C/I의 비교

그림 6과 식 1은 간섭을 판정하는 과정으로 각각의 시행에서 생성된 원하는 신호(C)와 간섭 신호(I)의 비율은 통신이 가능한 기준으로 설정된 C/I를 초과하는지 비교한다[8].

$$P = P\left(\frac{dRSS}{iRSS} > \frac{C}{I} \mid dRSS > \text{Sensitivity}\right) \quad (1)$$

간섭 확률은 식 2와 같이 식 1에서 앞서 구한 통신이 가능한 확률을 뺀 값으로 계산된다.

$$\text{Interference rate} = 1 - P \quad (2)$$

전파모델은 식 3,4에 제시한 Indoor Hata model을 사용하였다[9].

$$L(\text{indoor} - \text{indoor}) = -27.6 + 20 \log(d) + 20 \log(f) + \text{fix} \left( \frac{d}{d_{\text{room}}} \right) * L_{wi} + k_f \left[ \frac{k_f + 2}{k_f + 1} - b \right] L_f \quad (3)$$

$$k_f = \text{fix} \left( \frac{|h_2 - h_1|}{h_{\text{floor}}} \right) \quad (4)$$

표 3. Indoor Hata model의 파라미터

Parameters	mean	Unit
d	distance between transmitter and receiver	km
f	frequency	MHz
L <sub>wi</sub>	loss of wall	dB
b	empirical parameter	
d <sub>room</sub>	size of the room	m
L <sub>f</sub>	loss between adjacent floor	dB
h <sub>floor</sub>	height of each floor	m
h1	transmitter antenna height (above ground)	m
h2	receiver antenna height (above ground)	m

## 2. 블루투스 기기와 무선단말기 사이의 간섭분석 결과

첫 번째 간섭시나리오로 희생원 송신기를 중심으로 간섭원 송신기인 가상현실 컨트롤러와 수신기인 단말기를 랜덤하게 배치하였을 때의 간섭확률을 도출하는 과정으로 심켓으로 시뮬레이션을 하면 그림 7의 시나리오 outline을 확인할 수 있다.

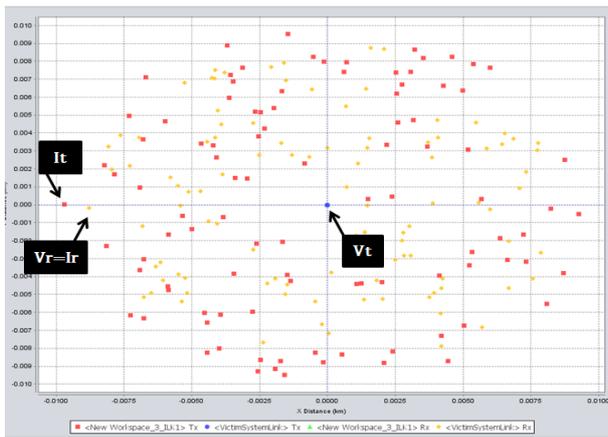


그림 7. 시나리오 OUTLINE

본 연구에서는 총 20,000회의 반복 시행을 통해 심켓 시뮬레이션이 진행되었으며, 아래의 그림 8은 반복 시행 1000회까지의 dRSS와 iRSS의 신호전력 값을 그래프로 나타낸 것이다.

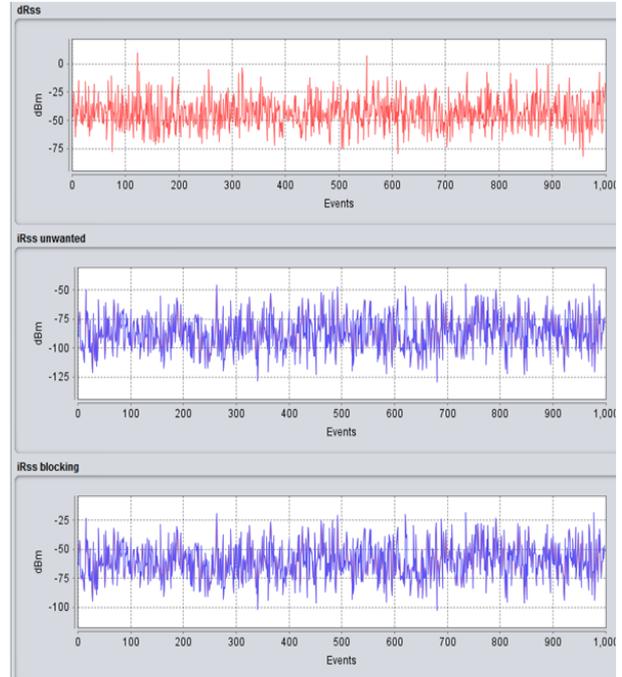


그림 8. dRSS / iRss unwanted / iRss blocking Vector

위의 그래프에서 얻어진 결과처럼 각 시행마다 dRSS와 iRSS의 비를 구하고 C/I(Carrier to interference)와 비교하여 간섭여부를 판정하고, 전체 시행 횟수에서 간섭 상황이 발생하는 횟수를 확인하여 간섭확률을 구하는 과정을 통하여 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호주파수를 도출하였다.

첫 번째 간섭시나리오를 바탕으로 심켓 시뮬레이션을 한 결과, 희생원인 송신기 무선랜과 수신기 단말기 사이의 거리에 따른 간섭원인 가상현실 컨트롤러가 미치는 간섭확률이 5%이하를 만족하는 보호주파수는 다음과 같다.

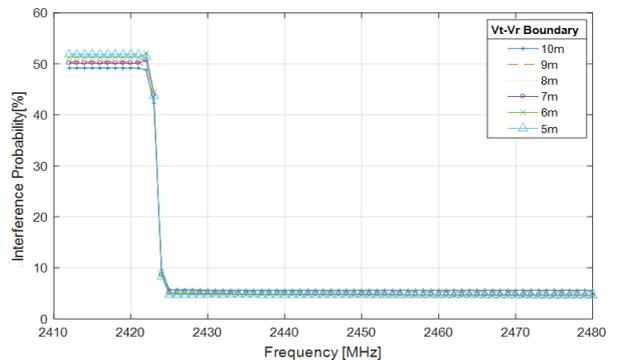


그림 9. 희생원 사이의 거리에 따른 간섭원과 희생원 사이의 간섭확률

첫 번째 시나리오에서 간섭확률을 통하여 2425MHz에서 희생원의 송·수신기의 거리에 상관없이 간섭확률이 크게 감소하는 것을 알 수 있다.

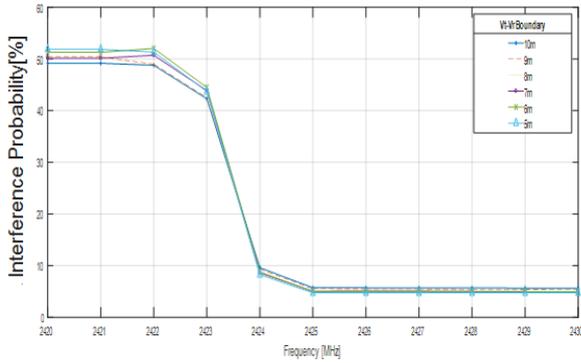


그림 10. 간섭확률 5%이내의 보호주파수

또한 더 자세히 희생원의 송·수신기의 거리에 따라 간섭 확률이 5%미만이 되는 보호주파수를 검토한 결과 다음과 같이 나타내었다.

표 4. 가상현실 컨트롤러와 무선랜 사이의 보호주파수

Case	Frequency [MHz]	Vt-Vr distance[m]	Interference Probability[%]
Worst	-	10	5.63
	-	9	5.28
Normal	2430	8	4.82
	2428	7	4.98
	2425	6	4.98
	2425	5	4.73

두 번째 시나리오로 간섭원의 주파수가 2424~2425MHz (희생원의 주파수와 인접)일 때, 희생원의 송·수신기의 거리를 1~10M로 설정하였고, 그때의 허용 가능한 개수를 도출하였고, 각 주파수 일 때 간섭원이 한 대일 경우 간섭확률 분포를 그림 11과 같은 결과를 도출하였다.

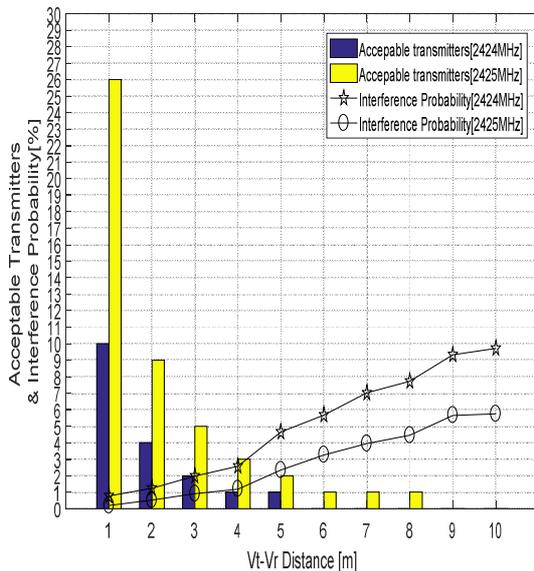


그림 11. 허용가능한 간섭원의 기기 수와 간섭원 1대일 경우 간섭확률 분포

희생원의 송·수신기의 거리가 가까울수록 허용가능한 간섭원의 기기 수가 증가하는 것을 확인하였으며, 송·수신기의 거리가 1M일 경우, 간섭원의 주파수가 2424MHz의 경우에는 10대, 2425MHz의 경우 26대의 간섭원을 희생원 송신기 기준으로 반경 10M 이내에서 랜덤하게 분포할 수 있다. 그리고 간섭원의 주파수가 2424MHz의 경우 희생원의 송·수신기의 거리가 최소 5M 반경에 있어야 하며, 2425MHz의 경우 최소 8M 반경에 위치할 때 간섭확률 5%이하를 만족할 수 있다.

## V. 결론

가상현실 컨트롤러에 내장된 Bluetooth통신과 Wi-Fi통신의 무선단말기와 무선랜의 경우 모두 2.4GHz의 ISM대역을 사용하고 있으며, 본 논문에서는 동일 주파수대역의 사용으로 간섭현상이 야기될 것으로 예상되어 가상현실 컨트롤러와 무선랜 간의 간섭영향을 연구하였다.

실내 도심지의 전파환경을 모델로 한 확장된 Indoor Hata 형식의 전파모델을 배경으로 설정하여, 분석 툴인 심켓을 기반으로 한 시뮬레이션 실험을 통하여 가상현실 컨트롤러와 Wi-Fi 무선랜 사이의 보호주파수와 Wi-Fi 송·수신기의 거리에 따른 허용가능한 가상현실 컨트롤러 기기의 수를 도출하였다.

본 논문은 현재 대중화되어 보편적으로 사용하고 있는 Wi-Fi통신기로부터 새로 등장한 가상현실 시스템을 보호하기 위한 방안을 마련하는 기초 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

## 참고 문헌

- [1] 한국인터넷진흥원, 2014년\_무선인터넷이용실태조사, 2014.
- [2] BK3231 Bluetooth HID SoC Datasheet, BEKEN, 2011
- [3] MRF24WB0MA/MRF24WB0MB Data Sheet 2.4 GHz IEEE 802.11b.
- [4] Tanim M. Taher, Symbol Shaping for Barker Spread Wi-Fi Communications, IEEE International Conference, Jun, 2007.
- [5] 김성권, Monte-Carlo 기반의 간섭분석에 관한 연구, 한국전자통신학회, Vol.3, no.2, pp58-64, 2008.
- [6] HJ Yun 외 2명, A Study on the Establishment and the Management of Safety Training Environment on based Virtual Reality, 한국가스학회, 춘계학술대회, 2016
- [7] 박상준 외 2명, SEAMCAT 기반 전파 간섭 평가 도구 개발, 대한전자공학회, 추계학술대회, pp266-pp269, 2013.
- [8] ECO, "SEAMCAT Handbook", CEPT, 2013.

## 저자

### 윤 혜 주(HyeJu Yun)



- 2013년 2월 : 공주대학교 전기전자제어 공학부 나노정보공학과(공학사)
- 2015년 2월 : 공주대학교 대학원 전기 전자제어공학과(공학석사)
- 2015년 1월 ~ 11월 : 시그널텍 연구원
- 2015년 12월 ~ 현재 : 한국가스안전공사 연구원

사 연구원

<관심분야> : 스펙트럼 공학, RF시스템, 전파 간섭분석

### 유 철 희(Chulhee Yu)



- 1995년 2월 : 전북대학교 화학공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 대학원 수소 연료전지공학(공학석사)
- 1995년 1월 ~ 1996년 2월 : 유니온물 산 사원

· 1996년 2월 ~ 현재 : 한국가스안전공사 책임연구원(차장)

<관심분야> : 배관기술연구, 위험물 저장, LNG플랜트

### 김 병 덕(Byungduk Kim)



- 1990년 2월 : 전남대학교 화학공학과 (공학사)
- 1990년 2월 ~ 현재 : 한국가스안전공사 수석연구원(부장)

<관심분야> : 고법 검사지원, 독성가스 중화처리, 고압배관

### 조 영 도 (Youngdo Jo)



- 1992년 2월 : KAIST 화학공학과 (공학박사)
- 1995년 2월 ~ 현재 : 한국가스안전공사 수석연구원(실장)

<관심분야> : 배관기술연구, 고압독성가스, 위험성평가