

ISM 대역 시스템간 채널 간섭 분석을 통한 위성 통신 무선 패키지시스템 적용

고호정*, 차재상*[Ⓒ]

An Satellite Communication Wireless Package System Using Analysis of Channel Interference between ISM band Systems

Hojeong Ko*, Jaesang Cha*[Ⓒ] Regular Members

요 약

본 논문에서는 새로운 무선 재난통신망인 위성 통신 무선패키지 시스템의 WLAN 중계기가 LTE D2D 이동 단말기와 접속시 인접한 ISM 대역의 WALN 및 WPAN 시스템으로 부터 전파 채널 간섭을 Monte-Carlo 기반으로 분석을 하였다. 본 연구에서는 실 환경을 고려 Extended Hata Model을 이용하여 WLAN Cell Radius를 구하고, 동일 채널에서 간섭원인 WLAN, Bluetooth, ZigBee로 부터의 간섭을 최소화 하기 위한 물리적 보호 이격 거리와 Dense Mode에서 밀도를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 WLAN 중계기는 인접 WLAN과는 130m 이상 보호 이격 거리에서 15개의 간섭 기기와 운용 될 수 있고, Bluetooth와는 100m 이상 보호 이격 거리에 서 23개의 간섭 기기와 운용 될 수 있으며, ZigBee와는 83m 이상에서 62개 간섭 기기와 운용 가능 함을 확인 하였다.

Key Words : WLAN, WPAN, Interference Analysis, Monte-Carlo Method, Disaster Communication

ABSTRACT

In this paper, when WLAN repeater of satellite communication package system as a novel wireless disaster communication network connected to LTE D2D mobile terminal, we analyzed radio channel interference from WLAN and WPAN system of adjacent same ISM band using Monte-Carlo method. In this study, WLAN cell radius was determined using Extended Hata Model considering practical environment, and simulated physical protection distance and density in the dense-mode to minimize interference from WLAN, Bluetooth, and ZigBee. Simulation results, WLAN repeater can be operated with 15 WLAN interferer over 130m distance, 23 Bluetooth interferer over 100m distance, and with 62 ZigBee interferer over 83m distance.

I. 서 론

현재 대부분의 통신 시스템들은 자연재해, 재난등과 같은 비상상황이 발생했을 경우 이에 대한 통신이 원활하지 않은 한계를 가지며, 이러한 비상상황은 인간의 생명, 재산과 직결 되므로 어떠한 환경에서도 가능하며 빠른 전파를 할 수 있는 통신 시스템의 필요성이 오랜 기간 동안 제기 되어 왔다. 선 진각국에서는 국가 안전 및 비상대비 통신 체계를 국가 주도로 우선적으로 확보 하여 운용하고 있으며, 2001년 미국에서 일어난 9.11 사태 등 재난 대처 사례에서 구호 요원들 간의 현장통신의 중요성이 더욱 부각되고 있는 것이 사실이다. 긴

급 재난이 발생한 경우 전화, 인터넷등 사용할 수 있는 통신 수단이 모두 차단되었을 때 위성 HAM Radio을 이용할 경우 통신이 가능한데, 이는 단순 통신방식을 넘어 위성 HAM Radio 및 Ad-Hoc망에서의 D2D통신을 통해 신속한 상황 전 파 및 구조 요청이 가능하게 된다. 그림 1은 HAM기반 통신 시스템으로서 이러한 재난상황에서 유용하게 운용될 수 있는 “스마트 단말 연동형 위성 HR 통신용 무선 패키지 시스템” 이다. 재난상황에서 언제 어디서나 통신 가능한 위성통신 시스템으로 이해질 수 있으며, 실현될 경우, 긴급한 인적, 자연적 재난 상황에서 위성 HAM Radio를 통해 주변 환경의 제한 없이 신속한 상황 전파 및 구조 요청이 가능한 시스템

*서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램, 고호정 hojeong.ko@samsung.com

*서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램, [Ⓒ] 교신저자 : 차재상 chajs@seoultech.ac.kr

접수일자 : 2015년 8월 3일, 수정완료일자 : 2015년 9월 4일, 최종 게재확정일자 : 2015년 9월 10일

이다[1]. 기존 HAM 단말기만을 이용하여 접근 가능했던 HAM 위성 접속의 제한을 벗어나 범용 WLAN망을 이용하여 AP중계기에 접속하여 HAM(위성+지상파) 또는 위성 전화에 접속 가능하다. 이때 스마트 단말 및 D2D 기술을 연동하여 WLAN 중계기에 접속 시 근처 ISM 대역 WALN 및 PAN 시스템으로 부터 전파 채널 간섭을 받을 수 있다. 이러한 간섭은 통신망 성능 뿐만 아니라 긴급한 재난통신망 형성에 문제를 야기하기 때문에 본 논문에서 전파 간섭 최소화를 위한 전파 채널 간섭 분석을 제시 하고자 한다. 논문의 구성은 2장 전파 간섭 시나리오 및 방법, Extended Hata Model 기반 Cell Radius을 도출하고, 3장에서는 시뮬레이션을 통해 WLAN, Bluetooth, ZigBee 각각에 대해서 간섭 보호 이격 거리와 밀도를 분석한다. 4장에서는 본 논문의 결론을 내고 마친다.

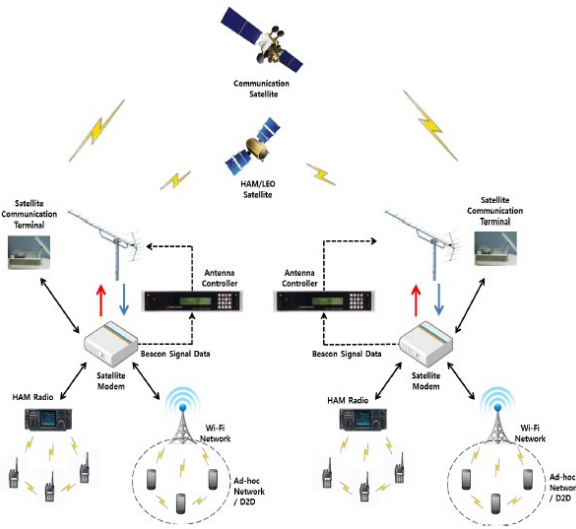


그림 1. 이동 단말용 위성통신 무선 패키지 시스템 [1]

II. 전파 간섭 시나리오 및 방법

전파간섭 시나리오는 크게 거리와 밀도에 따른 시나리오로 구분되며, 간섭원에 의해 간섭을 받는 희생원은 Victim Receiver(V_r), 간섭의 영향이 없는 희망 신호를 V_r 로 송신하는 기기를 Wanted Transmitter(W_t), V_r 에 간섭신호를 발생시키는 간섭원을 Interfering Transmitter(I_t), 간섭 없는 희망 신호를 I_t 로 부터 수신하는 기기를 Wanted Receiver(W_r)로 정의한다. 제안된 시스템에서는 WLAN 특성이 스마트 단말과 AP 중계기가 동일 하다는 가정하에 AP 중계기를 기준으로 보면, V_r : AP 중계기, I_t : 인접 WLAN 및 WPAN 간섭 기기, W_t : V_r 에 신호를 송신 하는 스마트 단말, W_r : I_t 로부터 신호를 수신하는 WLAN 및 WPAN 기기로 정의할 수 있다. 이동단말용 무선 통신 위성 패키지 시스템의 WLAN AP 중계기(V_r)가 받는 간섭은 그림 2의 V_r 과 I_t 사이

의 거리(D)를 변경하여 간섭 거리를 구하는 거리 시나리오와 그림 3의 최대간섭허용영역에서 I_t 의 밀도(N/km^2)를 변경하는 밀도시나리오로 구분 할 수 있다[2][3][4][5].

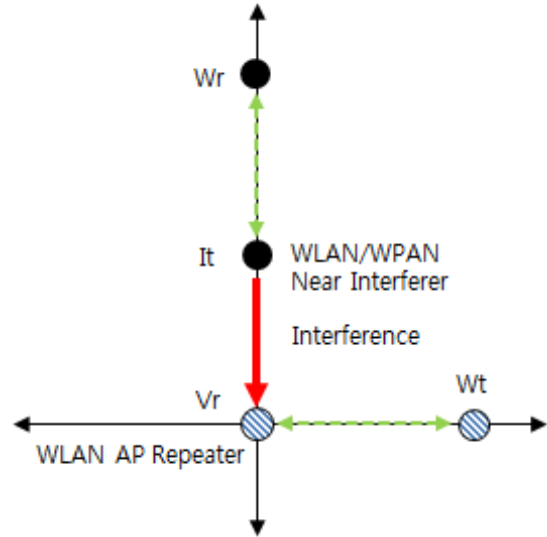


그림 2. 간섭 거리 시나리오

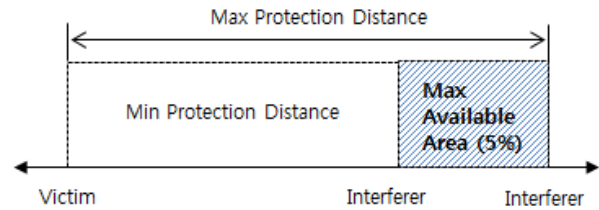


그림 3. 간섭 밀도 시나리오

시나리오의 적용에 앞서 V_r 와 W_r 는 각각 Worst Case를 고려하여 수신 신호의 세기가 가장 작은 W_t 와 I_t 의 최대 서비스 반경에 위치 시킨다. 여기서 시스템 서비스 반경은 Link Budget을 이용하여 산출 할 수 있다. Link Budget은 무선 통신 시스템에서 중간의 신호전달 채널(공기)의 감쇄등을 고려하여 송신기와 수신기가 성공적으로 통신이 이루어 지도록 규격을 정하거나 조정하는 작업 또는 계산 결과를 의미 하며, 셀의 커버리지와 셀의 개수를 결정할 때 사용되는 방법이다. Link Budget을 이용한 셀의 크기는 수신기의 대역폭과 Noise Figure 값으로 결정 되는 노이즈 전력의 세기와 수신기의 신호 대 잡음비(SNR)의 합이 경로손실 값 보다 작은 값을 가져야 한다는 것을 이용하여 산출 한다. 표1과 같이, 2.4GHz ISM 대역에서 사용되는 WLAN(IEEE 802.11g)의 경우 채널 1에서 반송파 주파수가 2412MHz인 신호를 15dBm의 출력 값으로 송신 한다. 사용되는 수신기에서 신호 대 잡음비(SNR)가 최저 33dB, 노이즈전력세기는 -106dBm 이라면, 주어진 신호 대 잡음비로부터 수신 전력은 $P_r > (-106dBm + 33dB) = -73dBm$ 이다. 계산 된 수신 전력 P_r 과 표1의 주요 항목을 이용해서, 최대 가용 경로 손실 값

MAPL(Maximum Available Path Loss)은 아래의 식을 통해 계산 할 수 있으며, 표 3에 결과를 표시 하였다.

$$MAPL = EIRP - Sensitivity + \sum(Loss + Gain) \quad (1)$$

$$= 98dB$$

본 논문에서는 실질적인 전파 환경을 고려 Extended Hata Propagation Model을 이용하여 최대 Cell Radius을 구하였다. 식(1)에서 구한 MAPL값을 Extended Hata Model에 적용해 보면,

$$PL = L(0.04) + \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)] \quad (2)$$

$$L(0.04) = 32.4 + 20\log(f) + 10\log\left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6}\right] \quad (3)$$

$$L(0.1) = 46.3 + 33.9\log(f) + 10\log(f/2000) - 13.82\log(\max(30, H_b)) + [44.9 - 6.55\log(\max(30, H_b))] \times (\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b) \quad (4)$$

$$a(H_m) = (1.1\log(f) - 0.7) \cdot \min(10; H) - (1.56\log(f) - 0.8) + \max[0; 20\log(H_m/10)]$$

$$b(H_b) = \min[0; 20\log(H_b/30)]$$

$$H_m = \min(h_1, h_2)$$

$$H_b = \max(h_1, h_2)$$

$$\alpha = 1, d \leq 20km$$

$$h_1 = T_{\times ant. height}$$

$$h_2 = R_{\times ant. height} \quad (5)$$

위식으로부터 Cell Radius는 약 70m 임을 알 수 있다. 즉 Urban Outdoor 환경의 위 조건에서 사용되는 2.4GHz WLAN 서비스 반경은 약 70m 이다. 거리 시나리오는 Wt와 It의 Cell Radius를 이용하여 최대 서비스 반경에 각각 Vr과 Wr를 위치 시키고 Vr와 It사이의 거리 D를 변경하여 간섭확률이 0%인 지점부터 Vr의 간섭허용치를 만족하는 구간을 확인 한다. 이 구간을 최대 간섭허용구간이라 정의한다. 밀도 시나리오에서는 거리 시나리오를 통해 얻어진 최대 허용 간섭 영역내에서 It의 밀도를 변경해가며 간섭 확률을 측정한다. 이때, It는 간섭허용영역에서 랜덤하게 분포하며, Vr의 간섭허용치를 만족하는 범위 내에서 동시에 운용이 가능한 It의 최대 개수를 확인한다[2][3][4][5]. 각각의 시나리오에 대한 영향 분석은 SEAMCAT(Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool)을 통해서 이루어졌는데, 기본적으로 Monte-Carlo Simulation 방법을 두고 있으며 이들을 인접 주파수 대역의 무선 통신 시스템 사이의 실질적인 공유 및 호환성 연구에 대해 서로 다른 Radio 간섭 시나리오의 통계적 모델에 대한 허용을 기준으로 하고 있다. 희망신호의 세기와 간섭신호 세기의 비가 간

섭 보호비(Carrier to Interference ratio, C/I)로 설정되어 있는 값보다 클 경우 간섭이 발생한 것으로 판단하게 되며, 간섭확률은 1에서 간섭 보호비를 만족하는 신호의 수신 횟수와 전체 시뮬레이션 이벤트 발생 횟수의 비를 뺀 값, 즉 $P = 1 - (N_{good}/N_{all})$ 으로 계산된다[5]. 일반적으로 간섭 분석에서 간섭확률이 2~5% 이내면 적합하다고 판단 한다 [6]. 본 연구에서는 간섭 확률이 5% 이내일 때의 간섭 거리와 밀도를 구하였다.

표 1. WLAN 주요 항목

Parameter	Value	Units
Frequency	2412	MHz
Channel Bandwidth	22	MHz
Sensitivity	-73	dBm
Interference Criteria (C/I)	10	dB
Noise Floor	-106	dBm
Antenna Height	2.5	m
Antenna Azimuth	0~360	Degree
Antenna Peak Gain	6	dBi
Output Power	15	dBm

표 2. WLAN 방사전력레벨

Freq. Offset (MHz)	Attenuation (dBc)
~ -30	-40
-20	-28
-11	-20
-9 ~ 9	0
11	-20
20	-28
30 ~	-40

표 3. WLAN 하향링크 주요 링크버전

Parameter		Value	Units
송신	Max. TX Power	15	dBm
	Tx antenna gain	6	dBi
	Cable Loss	0	dB
	EIRP	21	dBm
수신	Sensitivity	-73	dBm
	Rx antenna gain	6	dBi
	Fading Margin	2	dB
	Cable Loss	0	dBm
	Total	-77	dB
Maximum Available Path Loss		98	dB

Ⅲ. 모의실험 및 분석

모의실험에 이용된 각각의 시스템에 대한 Physical Layer의 주요 항목은 표 1~7에 나타내었다[2][7][8]. 본 논문에서는 도심에서의 실외 환경을 기본으로 가정 하였고, 전파모델은 Extended Hata 모델로 하여 위성통신 무선패키지 시스템 WLAN AP중계기에 간섭원이 될 수 있는 WLAN, Bluetooth, ZigBee에 대해서 간섭 보호 이격거리 및 밀도에 대한 시뮬레이션을 수행 하였다.

1. WLAN 간섭 거리 및 밀도

그림4은 Vr(WALN AP 중계기)이 Wt로부터 서비스 반경 가장 바깥에 위치하는 조건으로 수신 신호 강도가 가장 작은 Worst Case가 된다. 간섭 허용치를 5%로 가정한다면, 그림 4로 부터 Vr에 대한 It(인접 WLAN 간섭 기기)간의 간섭 확률이 0~5% 되는 보호 이격 거리는 약 130m ~ 300m가 된다. 그림 5는 Vr이 Wt로부터 최대 서비스 반경 안에서 랜덤하게 위치하는 경우로 Vr의 수신 강도는 Worst와 Best Case 모두를 포함하게 되며, 보호 이격 거리는 약 85 ~ 100m이다. 그림 6은 그림4의 보호 이격 거리 내에서의 It 밀도 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 3에서 설명한 것처럼, Vr과의 최대간섭허용영역 내에서 It인 인접 WLAN 간섭 기기가 랜덤하게 분포 하게 된다. 그림 7로부터 간섭허용치 5%내에서 Vr은 최대 간섭허용영역에서 15개의 It 간섭기기와 운용 될 수 있음을 알 수 있다.

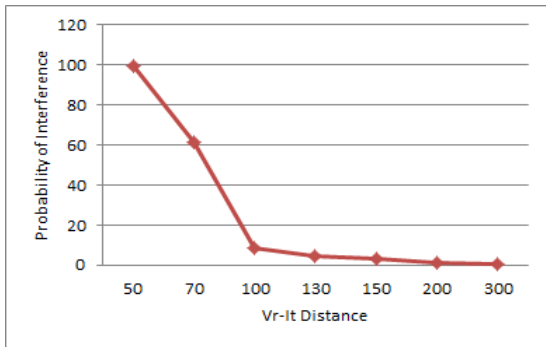


그림 4. WLAN 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Worst Distance:70m)

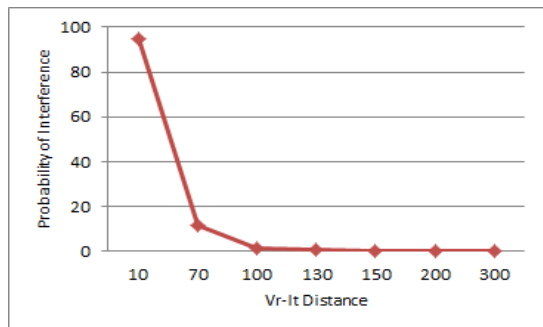


그림 5. WLAN 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Random Case, Wt-Vr Random Distance)

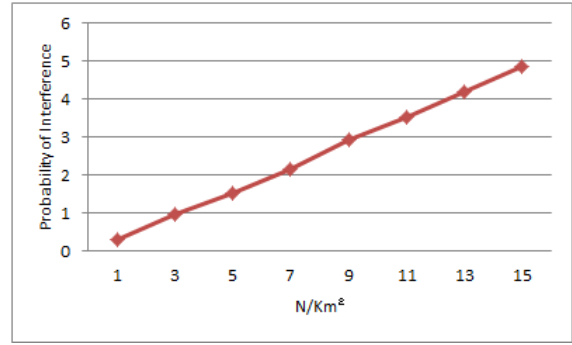


그림 6. WLAN 간섭 밀도 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Distance:70m, Density)

2. Bluetooth 간섭 거리 및 밀도

그림 7은 Vr(WLAN AP 중계기)이 Wt로부터 서비스반경 가장 바깥에 위치하는 조건으로 수신 신호 강도가 가장 작은 Worst Case가 된다. 간섭 허용치를 5%로 가정한다면, 그림 7로부터 Vr에 대한 It 간의 간섭 확률이 0~5% 되는 간섭 보호이격 거리는 약 100m ~ 300m가 된다. 그림 8은 Vr이 Wt로부터 최대 서비스 반경 안에서 랜덤하게 위치하는 경우로 Vr의 수신 강도는 Worst와 Best Case 모두를 포함하게 되며, 간섭 보호 이격 거리는 약 75 ~ 300m이다. 그림 9는 그림 7의 간섭 보호 이격거리 내에서의 It 밀도 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 3에서 설명한 것처럼, Vr 과의 최대간섭허용영역내에서 It인 Bluetooth가 랜덤하게 분포 하게 된다. 그림 10로부터 간섭허용치 5%내에서 Vr은 간섭허용영역에서 23개의 간섭 기기 It와 운용 될 수 있음을 알 수 있다.

표 4. Bluetooth 주요 항목

Parameter	Value	Units
Frequency	2412	MHz
Channel Bandwidth	1	MHz
Antenna Height	1.5	m
Antenna Peak Gain	0	dBi
Output Power	20	dBm

표 5. Bluetooth 방사전력레벨

Freq. Offset (MHz)	Attenuation (dBc)
~ -2.5	-60
-2.5 ~ -1.5	-40
-1.5 ~ -0.5	-20
-0.5 ~ 0.5	0
0.5 ~ 1.5	-20
1.5 ~ 2.5	-40
2.5 ~	-60

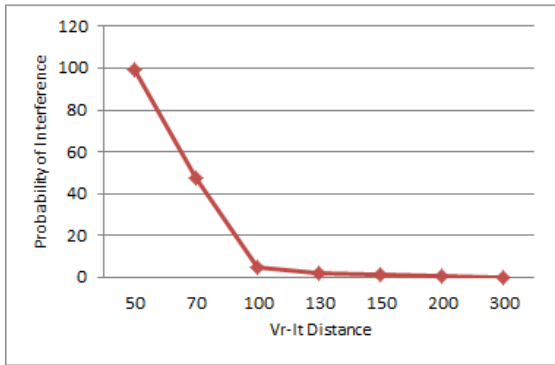


그림 7. Bluetooth 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Distance:70m)

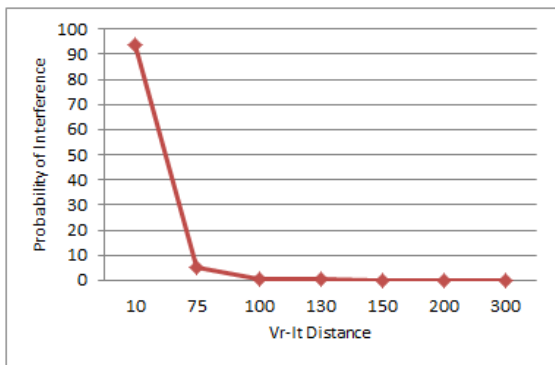


그림 8. Bluetooth 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Random Case, Wt-Vr Distance:Random)

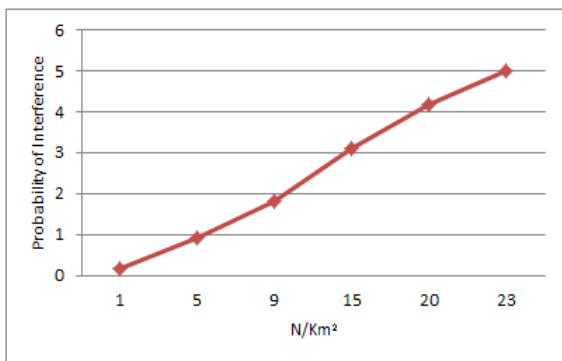


그림 9. Bluetooth 간섭 밀도 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Distance:70m, Density)

3. ZigBee 간섭 거리 및 밀도

그림10은 Vr(WLAN AP 중계기)이 Wt로부터 서비스반경 가장 바깥에 위치하는 조건으로 수신 신호 강도가 가장 작은 Worst Case가 된다. 간섭 허용치를 5%로 가정한다면, 그림 10로부터 Vr에 대한 It 간의 간섭 확률이 0~5% 되는 간섭 보호 이격 거리는 약 83m ~ 250m가 된다. 그림 11은 Vr이 Wt로부터 최대 서비스 반경 안에서 랜덤하게 위치하는 경우로 Vr의 수신 강도는 Worst와 Best Case 모두를 포함하게 되며, 간섭 보호 이격 거리는 약 65 ~ 200m이다. 그림 12은 그림10의 간섭 보호 이격거리 내에서의 It 밀도 시

뮬레이션 결과를 나타낸다. 그림 3에서 설명한 것처럼, Vr과의 최대 간섭허용영역내에서 It인 ZigBee가 랜덤하게 분포 하게 된다. 그림 13로부터 간섭허용치 5%내에서 Vr은 유효간섭영역에서 57개의 간섭 기기 It와 운용 될 수 있음을 알 수 있다.

표 6. ZigBee 주요 항목

Parameter	Value	Units
Frequency	2415	MHz
Channel Bandwidth	2	MHz
Antenna Height	2.5	m
Antenna Peak Gain	4	dBi
Output Power	5	dBm

표 7. ZigBee 방사전력레벨

Freq. Offset (MHz)	Attenuation (dBc)
~ -3.5	-20
-1 ~ 1	0
~ 3.5	-20

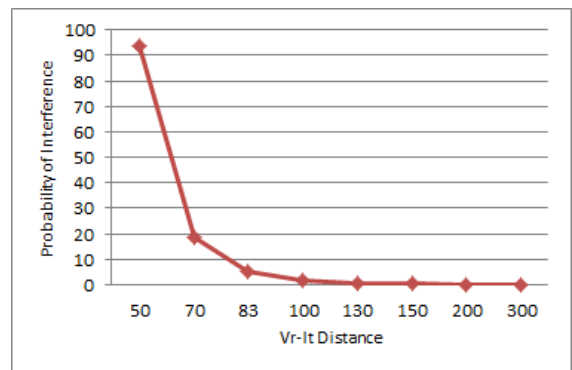


그림 10. ZigBee 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Distance:Random)

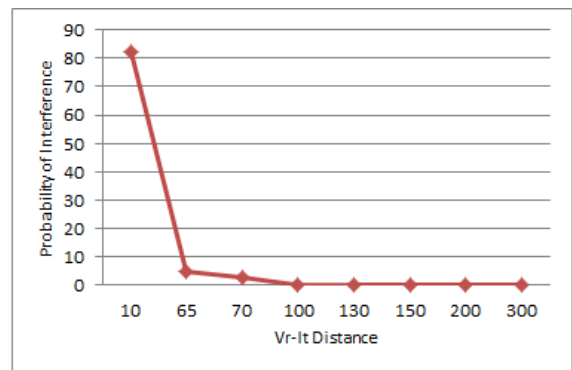


그림 11. ZigBee 간섭 거리 시뮬레이션 결과 (Random Case, Wt-Vr Distance:Random)

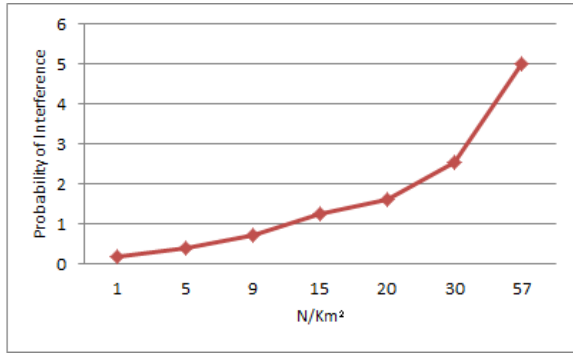


그림 12. ZigBee 간섭 밀도 시뮬레이션 결과 (Worst Case, Wt-Vr Distance:70m, Density)

V. 결론

본 논문에서는 새로운 무선 재난 통신망인 이동 단말용 위성통신 무선패키지 시스템에서 WLAN AP 중계기에 접속 시 인접 WLAN 및 WPAN 시스템으로 부터 전파 채널 간섭 시나리오를 구성 하였다. 실 환경을 고려하여 WLAN 시스템에 Extended Hata Model을 적용하여 Cell Radius를 구하고, 동일채널에서 WLAN 및 WPAN 시스템과의 전파 간섭을 분석 하였다. 시뮬레이션 결과 인접 WLAN 간섭기기와는 Wt-Vr Worst Case 기준(70m), 130m 이상의 보호 이격 거리가 필요하며, 최대 간섭 허용 구간에서 15개의 WLAN 간섭기기와 운용이 가능 하다. Bluetooth 와는 WLAN AP 중계기가 100m 이상의 보호 이격 거리가 필요하며, 최대 간섭 허용 구간에서는 23개의 간섭기기와 운용이 가능 하다. ZigBee와는 83m 이상의 보호 이격 거리에서 57개의 간섭기기와 운용 될 수 있음을 확인 하였다. 본 분석 결과는 향후 HAM기반의 새로운 재난 위성통신시스템에서 AP중계기로써 WLAN을 사용하기 위한 주파수 처리 기법에서 간섭 회피를 위한 참고 및 기준으로 활용 될 것으로 예상 된다.

참 고 문 헌

[1] Yu Min Hwang, Jae Sang Cha and Jin Young Kim, "Performance of an Adaptive D2D Channel Modeling Scheme for Satellite Wireless Package Systems", KOSST, 2015.

[2] Seong-Kwon Kim, "Interference Analysis based on the Monte-Carlo Method", KICS, 2008

[3] Ivancica Sakal, Dina Simunic, "Simulation of Interference between Bluetooth and 802.11b Systems", IEEE, 2003.

[4] Byung-Jun Jang, Sungoog Choi, Hyungoo Yoon, "Interference Analysis and Its Mitigation Policy Base on MAC Layer for Peaceful Co-Existence between Unlicensed Device", The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, 2013.

[5] European Communication Office, "SEAMCAT Handbook", 2010.

[6] Young-Hwan Kim, Phill-Seon Eo, Hoon-Gee Yang, Seung-Keun Park, Bongsoon Kang, Young-Soo Kim, and Jong-Gwan Yook, "Monte-Carlo Based Interference Analysis of 900MHz Passive RFID Systems", Journal Of The Institute of Electronics and Information Engineers, 2006

[7] IEEE Std 802.11-2012, Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications"

[8] IEEE Std 802.15.4, MAC and PHY Spec. for WPAN

저자

고 호 정(Hojeong Ko)



· 1999년 : 경희대학교 전자공학과 학사 졸업

· 2001년 ~ 2003년 : 경희대학교 전자공학과 석사

· 2011년 ~ 2014년 : 서울과학기술대 NID 융합기술대학원 박사수료

· 2002년 ~ 2006년 : Pantech 연구소

· 2006년 ~ 2011년 : 금호아시아나 RFID/USN 연구소

· 2011년 ~ 현재 : 삼성SDS 네트워크 사업부

<관심분야> : 전파환경분석, 채널모델링, LTE Cell Planing, RTLS, M2M, RFIC/MMIC, VCO

준희원

차 재 상(Jaesang Cha)



· 2000년 : 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사

· 2002년 : ETRI 이동통신연구소 무선전송기술팀 선임연구원

· 2002년 ~ 2005년 : 서경대학교 정보통신공학과 교수

· 2008년 : 미국 플로리다 대학교 방문교수

· 2005년 ~ 현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수

<관심분야> : 디지털 방송 전송 기술, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 다중 접속기술, 4세대 이동통신

정희원