

## 2.4GHz대역 ZigBee 송수신기를 사용한 과학화 전투훈련 시스템에서 최소송신전력과 간섭에 관한 연구

A Study on Minimum Transmit Power and Interference in ZigBee Transceivers at 2.4GHz in Multiple Integrated Laser Engagement System

<b>곽 현 상*</b> Kwak, Hyun-Sang	<b>유 호 준*</b> Yoo, Ho-Joon	<b>김 영 호*</b> Kim, Young-Ho	<b>전 상 현*</b> Chun, Sang-Hyun
<b>김 종 현*</b> Kim, Jong-Heon	<b>이 찬 주**</b> Lee, Chan-Joo	<b>임 승 찬***</b> Lim, Seung-Chan	

### ABSTRACT

In this paper, interference analysis has been performed between RF receiver and transmitters on each soldier for Multiple Integrated Laser Engagement System(MILES) which are following ZigBee standard. In order to obtain minimum transmit power without interference, 1% Packet Error Rates(PER) from 14 transmitters attached on a soldier to a receiver are measured with the scenarios for simple transmitting and receiving network configuration and for repeating network configuration. Based on this transmit power, the available distance for interference free among soldiers is simulated using Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool(SEAMCAT). Later scenario gives the benefit of 10dB lower transmit power, smaller and lighter power source, and better activity of trainee.

주요기술용어(주제어) : MILES(과학화 전투훈련 시스템), SEAMCAT, ZigBee, Interference(간섭), RF Transceiver(RF 송수신기)

### 1. 머리말

과학화 전투훈련 시스템은 과학화한 장비와 체계를 이용해 실 전장과 유사한 상황에서 자유기동훈련을 실시하는 것으로 Multiple Integrated Laser Engagement System(MILES)라는 과학화 교전훈련 장비를 사용해 실제 총과 포탄을 사격하는 것과 유사한 실상 효과가 나타나도록 함으로써 전장에서 느낄 수 있는 각종 상황을 체험할 수 있도록 하는 훈련용 시스템이다<sup>[1]</sup>.

과학화 전투훈련 시스템에서 과학화 교전훈련 장비의 환경은 각 병사에 RF 송수신기를 자신의 신체 및

† 2008년 9월 26일 접수~2008년 11월 14일 게재승인

\* 광운대학교 대학원 전파공학과(Dept. of Wireless Communications Engineering, Graduate School of Kwangwoon University)

\*\* 신흥대학 전자통신과(Dept. of Electronic Communication, Shinheung College)

\*\*\* (주)코리아일렉콤(Korea Elecom)

주저자 이메일 : hskwak@kw.ac.kr

화기에 부착한다. 무선 데이터 통신을 하는 RF 송수신기는 과학화 전투훈련 시스템에서는 통신 환경상 저속 데이터 통신을 하며 소출력 기기가 사용되어 수 미터의 통신 범위를 가지고 동작한다. 따라서 RF 송수신기는 ZigBee 규격을 이용할 수 있다.

거리가 고정된 상태에서 RF 송수신기는 송신기의 출력에 따른 수신 감도의 차이를 보인다. 또한, 소출력 기기인 RF 송수신기도 송수신간에 간섭에 대한 영향이 존재한다. 따라서 각 병사들의 송수신기 간에 간섭이 RF 송수신기를 부착한 다수의 병사들이 밀집되어 있을 경우에 발생된다. 간섭이 심하게 발생될 경우에 수신기에서 수신 데이터에 대한 복원의 허용 범위를 벗어나 복원이 불가능한 상태에 되어 통신 신뢰도를 저하하게 한다.

기존의 논문에서는 분석을 간단하게 하기 위하여 송신기의 출력으로 0dBm을 사용하고, 한 병사가 부착한 RF 송수신간 거리는 양팔의 길이로 가정하여 5% 이하의 간섭 확률을 갖는 허용 이격거리를 모의 실험을 통하여 얻었다<sup>[2]</sup>.

본 논문에서는 최적화된 송신기의 출력 및 한 병사가 부착한 RF 송수신기간 거리를 두 가지 시나리오에 따라 실험을 통하여 직접 구한다. 첫 번째 시나리오인 모든 송신기가 정보를 직접적으로 수신기로 전달하는 단순 송수신 환경에서 정상적 통신을 위해 송신전력을 구하며, 두 번째 시나리오에서는 ZigBee의 중계기능을 이용하여 후면에 위치한 송신기들의 정보를 가장 적절한 위치에서 중계하기 위해 그 위치를 찾으며, 그에 따라 적정 송신 전력을 찾는다. 이렇게 찾은 최적 송신 전력을 이용하여 1% 이하의 간섭 확률을 갖는 허용 이격거리를 모의실험을 통하여 얻는다. 두 번째 시나리오에서 중계 기능을 이용함에 따라 첫 번째 시나리오보다 저출력 송신이 가능해져 더욱 소형 전원으로 배터리 효율을 높여 장시간 이용이 가능하게 한다.

본 논문의 2절에서 거리가 고정되어있는 RF 송수신기의 원활한 무선 통신이 가능한 적절한 송신 출력을 도출하기 위하여 실제 신체에 송수신기를 부착하여 ZigBee 장치 기능변경에 따른 두 개의 시나리오를 실험한다. 3절에서 도출된 출력에서 두 RF 송수신기의 수신 허용 간섭을 모의실험 하였다. 모의실험

결과는 RF 송수신기간 간섭 확률 1%를 만족하는 이격 거리를 찾는다. 4절에서 결론을 맺는다.

## 2. 간섭 분석 실험

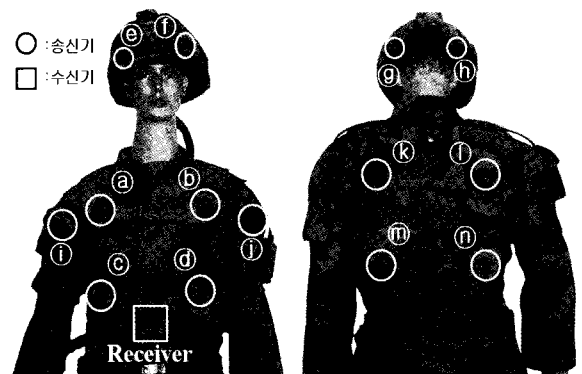
### 가. 실험 시나리오 1

본 절에서는 각 병사에 부착한 과학화 교전훈련 장비에서 RF 송수신기간 거리가 고정되어 있는 상태에서 원활한 무선 통신을 하기 위한 송신기의 적절한 출력을 도출하기 위한 실험을 한다. 필요 이상의 출력은 비효율적이며 다른 RF 송수신기에 간섭 영향을 준다. 따라서 원활한 무선 통신이 가능한 최소 송신 출력을 도출할 필요가 있다.

과학화 교전훈련 장비에 부착된 RF 송수신기는 송신기로 사용되는 14개의 센서와 수신기로 사용되는 1개의 Player Unit(PU)으로 구성되어 있다. 14개 송신기와 1개의 수신기는 위치가 고정되어 있으며, 적군의 직사화기에 피격 시 피격 위치 근방의 센서가 감지하여 송신기에 정보를 무선 데이터로 수신기에 송신한다. 한 병사가 적군의 직사화기에 동시에 피격될 확률은 매우 적기 때문에 14개의 송신기가 동시에 데이터를 전송하는 경우는 없다고 가정한다.

그림 1은 과학화 교전훈련 장비에서의 RF 송수신기 위치를 나타낸다<sup>[3]</sup>. 송신기는 전면 4개, 후면 4개, 머리부 4개, 측면에 2개로 총 14개의 송신기로 구성되어 있으며, 수신기는 상복부에 위치한다.

실험은 실제 신체에 RF 송수신기를 그림 1에서 표



[그림 1] RF 송수신기의 위치

시된 위치에 부착하여 실시한다. 고정된 거리에서 원활한 무선 통신을 위하여 RF 송수신기가 1% PER을 만족시키는 최소의 전력을 측정한다.

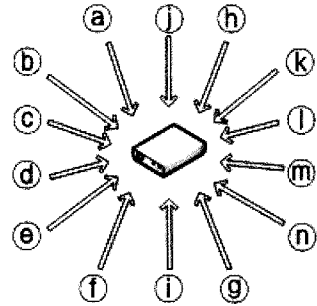
이때 RF 송수신기는 Chipcon사 CC2420 칩을 사용하였다. CC2420은 2.4GHz 대역 주파수와 가변 출력 -24dBm~0dBm, O-QPSK 변조 방식, 16개의 가용 채널수 등의 주요 특징을 가진다. 본 실험에서는 16개의 채널 중에서 한 개의 고정된 채널을 사용하도록 설정하였다. 실험시 송수신기의 안테나는 수직 편파로 동일하게 설정한다. 그리고 500초에 1024 패킷을 수신하며, 에러 패킷은 수신하지 않도록 하였다. 실험에서 사용된 안테나는 PCB 상에 패턴으로 구현된 역F형 안테나로 소형화를 위해 많이 사용되며 Omni 안테나와 같은 방사 패턴을 갖는 특성이 있다. Omni 반파장 다이폴 안테나인 Antenova사의 Titanis 2.4GHz Swivel SMA 안테나<sup>[4]</sup>를 연결하여 동일 실험을 수행했을 시 같은 결과를 얻었다.

#### 나. 실험 시나리오 2

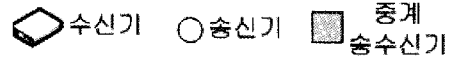
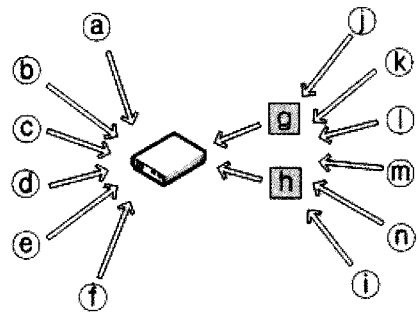
ZigBee 장치는 설정 여하에 따라 송신전용, 수신전용, 송수신겸용 등의 다양한 방법으로 사용될 수 있다. 또한 적응적 네트워크를 구성하여 중간의 노드들이 시간적 변화에 의해 그 위치가 달라지거나 사라져도 네트워크의 흐름을 바꾸기며 정보를 전달하는 방식으로 규약이 정해져 있어 유기적으로 정보를 주고 받을 수 있는 특징이 있다.

본 시나리오에서는 ZigBee의 이러한 성능을 이용하여 기존 시나리오1과 달리 일정 위치의 ZigBee 장치를 송수신 겸용으로 설정하여 다른 위치의 송신전용 장치의 정보를 중계해 주는 Ad-hoc 기능을 이용한다. 시나리오 1에서 신체 각 부분에 산재해 있는 송신기들과 수신기가 N:1의 구성으로 있다(그림 2. (a)). 이번 시나리오에서는 2개 이상의 일정 위치의 장치 송수신 겸용으로 설정 하였으며(그림 2. (b)) 그 장치를 찾기 위해 몇 가지 사항을 고려하였다. 이외의 장치들은 시나리오 1과 같이 송신전용기능으로 고정시켰다. 이 기능을 통하여 교육 훈련 장비 소비 전력을 줄이는 효과를 기대한다.

중계 송수신기의 위치를 찾기 위해 같은 송신 출력일 경우 후면 송신기(㉔, ㉕, ㉖, ㉗)가 가장 높은



(a) 시나리오1 : 1대 수신기와 이외 모두 송신기로 설정



(b) 시나리오2 : 1대 수신기, 2대 중계 송수신기외 모두 송신기로 설정

[그림 2] 시나리오 별 ZigBee장치들의 기능 설정

PER을 가질 것으로 판단하고, 이 신호들을 중계하기 위해 송수신기가 직선거리 상에 놓여지는 위치에 있는 경우, 즉 Line Of Sight(LOS)와 가장 근사한 양 측면(㉑, ㉒)와 머리부(㉓, ㉔, ㉕, ㉖)를 그 대상으로 하고 최소한의 대상만 송수신 기능을 설정함으로써 기능 추가에 대한 전력 소비를 최소화한다.

#### 다. 실험 결과

과학화 교전훈련 장비의 RF 송수신기가 1% PER을 만족 시키는 최소 송신 출력을 측정하기 위하여 그림 1에 나타낸 위치에 실제 신체에 RF 송수신기를 부착하여 실험하였다. 신체는 한국 20~24세 평균 신장 173.8cm 기준으로 하였다.

본 실험에서 고정된 위치에서 송신기의 출력을 작은 값에서 큰 값으로 변화하여 500초 동안 총 1024

수신 패킷 중 99%인 1014 패킷 이상을 수신할 때의 송신기의 출력을 1% PER을 만족하는 최소 출력으로 정의한다. 송신기의 출력은 Chipcon CC2420 프로그램상 출력 범위인 -24dBm에서 0dBm까지 가변하였다. 거리는 송신기와 수신기 사이에 직선 거리를 의미한다. 각 송신기 위치에서 1% PER을 만족하는 최소 전력 이상에서의 실험 또한 실시하였으며, 모두 1% PER을 만족함을 확인하였다.

표 1은 각 송신기 위치에서 1% PER을 만족하는 최소 출력을 나타낸다. 전면부 4개의 송신기와 전두부 2개의 송신기는 -24dBm이상의 출력에서 1% PER을 만족하는 것을 확인하였다. 후두부 2개의 송신기는 -15dBm 이상의 출력에서 1% PER을 만족하는 것을 확인하였다. 측면부 2개의 송신기는 -7dBm 이상의 출력에서 1% PER을 만족하는 것을 확인하였다. 후면부 4개의 송신기는 -5dBm 이상의 출력에서 1% PER을 만족하는 것을 확인하였다.

표 2는 전면부 4개, 머리부 4개, 측면부 2개, 후면부 4개에 위치한 송신기와 상복부에 위치한 수신기간의 거리를 나타낸다.

표 1과 표 2를 보면 수신기로부터의 직선 거리가 가깝고 수신기와 같이 신체 전면에 위치한 송신기가 1% PER을 만족하는 최소 출력이 작고, 수신기로부터의 직선거리가 멀고 측면부나 후면부에 위치한 송신기는 신체의 전파 장애로 인하여 1% PER을 만족하는 최소 출력이 높다는 사실을 확인할 수 있다. 또한, 신체를 기준으로 하여 대칭을 이루어 위치한 송신기와 거리가 같은 송신기는 1% PER을 만족하는 최소 출력이 동일하다는 사실을 확인할 수 있다.

[표 1] 각 위치에서 1% PER을 만족하는 송신기의 출력

1% PER을 만족하는 최소 출력[dBm]	송신기 위치
-24	(a)(b)(c)(d)(e)(f)
-15	(g)(h)
-7	(i)(j)
-5	(k)(l)(m)(n)

[표 2] 각 송신기 위치와 수신기간 거리

각 송신기 위치에서 수신기간 거리[cm]	송신기 위치
10	(c)(d)
25	(m)(n)
30	(a)(b)
40	(k)(l)
45	(i)(j)
65	(e)(f)
70	(g)(h)

과학화 교전훈련 장비에 장착된 14개의 RF 송신기가 동일한 전력을 출력한다고 가정할 때, 원활한 무선 통신을 위하여 최대 거리 70cm와 1% PER을 만족 시키는 최소 출력이 -5dBm이라는 사실을 실험을 통하여 도출하였다.

실험 시나리오 2에서는 위의 실험 시나리오 1을 바탕으로 후면 4개의 송신기((k), (l), (m), (n))의 신호를 머리 후면((g), (h)) 또는 양 팔의 상박 측면((i), (j))에 위치한 센서에서 중계하여 복부에 위치한 수신기로 전달하는 정보 전달 경로를 구성하고자 한다. 이를 위한 적절한 위치와 그에 따른 송신 전력을 파악하고자, 머리부 후면((g), (h))과 양 팔 상박 측면((i), (j))을 송신 및 수신기능을 추가하여 중계 송수신기로 설정하고 가장 멀리 있는 (m), (n) 송신기로부터 송신 출력을 측정하여 표 3과 같은 결과를 얻었다. 이때 (m), (n) 중 한 개 송신기에서 각각의 위치로 옮겨가며 PER을 측정하는 시험 방법을 단순화시켜 각 5번씩 반복해 평균을 취하였다.

표 3과 같이 후면 송신기 (m), (n)에서 머리후면 중계 송수신기 (g), (h)로 송신하는 경우에 -15dBm의 송신전력으로 1% PER을 만족할 수 있었다. 반면에 중계 송수신기로 (i), (j)를 선택한 경우에는 후면 송신기 (m), (n)의 출력은 -7dBm이 요구되었다. 또한 (k), (l), (i) 및 (j)에서 -15dBm 송신하는 경우도 (g), (h)를 중계 송수신기로 사용한 경우 모두 1% PER을 만족하였다. 따라서 가장 효율적인 중계 송수신기의 위치

는 ㉔, ㉕를 이용하는 방식이라고 할 수 있겠다. 따라서 실험 시나리오 1에서 직접 송수신하는 경우 최소 출력 -5dBm이 요구되지만, 실험 시나리오 2와 같이 하나의 중계 송수신기를 이용하면, 송신기는 10dB 적은 -15dBm의 소출력만으로도 같은 PER을 만족시킬 수 있다.

[표 3] 1% PER을 만족하는 중계 송수신기 위치

1% PER을 만족하는 최소 출력[dBm] (㉔, ㉕ 송신기)	중계 송수신기 위치
-15	㉔, ㉕
-7	㉖, ㉗

결국 이 기능을 이용함으로써 전력 소비를 최소화하여 훈련 장비의 장시간 장비를 운용함에 있어 정상 동작을 보장하고 작고 가벼운 전원을 이용함으로써 각 병사들의 활동성을 높여 보다 나은 훈련효과를 이끌어 낼 수 있다. 또한, 훈련장과 같은 열악한 실제 환경에 있어 고장으로 인한 기능상실에 대비하여, 이 2개 장치만 송수신 기능을 설정함으로써 시스템의 안정성과 신뢰도를 더욱 높일 수 있을 것으로 사료된다.

### 3. 간섭 분석 모의실험

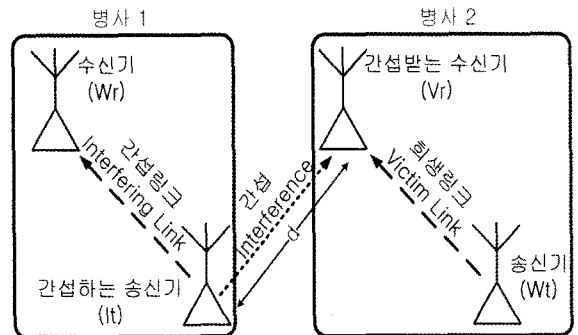
#### 가. 간섭 분석 시나리오

본 절에서는 두 병사의 RF 송수신기간의 수신 허용 간섭을 SEAMCAT\*을 사용하여 모의실험을 하였다. 여기서 RF 송수신기는 2.4GHz 대역에서 사용하는 10개의 채널 중에서 한 개의 고정된 채널을 사용하도록 설정하였다. 그리고 같은 채널의 사용을 회피할 수 있는 Clear Channel Assessment(CCA) 기능을 배제하였다. 간섭원은 간섭 영향이 가장 큰 불요

\* SEAMCAT : Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool. 유럽 무선 통신 사무국(ERO)이 만든 확률 분포 함수인 Monte Carlo 방식의 무선통신 간섭 시뮬레이션 프로그램. 간섭 신호원에 대한 원신호의 간섭 정도를 파악 할 수 있음.

방사(Unwanted Emission) 간섭만 고려하였다<sup>[6]</sup>.

하나의 송신기와 하나의 수신기로 구성되어있는 RF 송수신기를 장착한 병사 두 명이 특정 거리 d 만큼 떨어져있을 경우 서로 다른 병사에 장착된 RF 송수신기간 간섭 영향을 분석한다.



[그림 3] 두 RF 송수신기간 간섭 환경

그림 3은 두 RF 송수신기간의 간섭 환경을 나타낸다<sup>[6]</sup>. 병사 2에 장착된 Wanted transmitter(Wt)와 Victim receiver(Vr)는 서로 통신하는 희생 링크이다. 병사 1에 장착된 Interfering transmitter(It)와 Wanted receiver(Wr)는 서로 통신하며 간섭 링크에 해당된다. Vr과 It는 이격거리 d 만큼 떨어져 있으며, 서로 근접하게 되면 It의 신호 전력이 Vr에 영향을 미쳐 간섭을 발생하게 된다. 간섭 영향이 매우 크게 되면 Vr에서 수신하는 데이터에 대한 복원 허용 범위를 벗어나 복원이 불가능하게 되어 통신 신뢰도를 저하하게 한다.

원활한 무선 통신을 위해 수용할 수 있는 최대 허용 간섭확률을 1%라고 가정하고, 이때 Vr과 It간 최소 이격 거리를 도출한다.

#### 나. 모의실험 파라미터 설정

모의실험에 사용되는 RF 송수신기는 Chipcon CC2420 칩을 사용하였다. 모의실험 파라미터는 표 4를 따른다.

희생 링크의 경우, 동작 주파수는 10개의 채널 중 첫번째 채널인 2404MHz, 전송 전력은 본 논문의 실험에서 도출한 송신 출력 -5dBm, -15dBm으로 설정하며, 동작 반경은 과학화 교전훈련 장비에서 RF

송수신기의 최대 거리 범위인 70cm로 한다. 잡음 레벨은

$$N_o = kT_oB$$

$$= (1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}) \times (290\text{K}) \times (2\text{MHz})$$

$$= -111 \text{ [dBm]} \quad (1)$$

으로 계산된다. 식 (1)에서  $N_o$ 는 잡음 전력,  $k$ 는 볼츠만 상수,  $B$ 는 수신 대역폭이다.

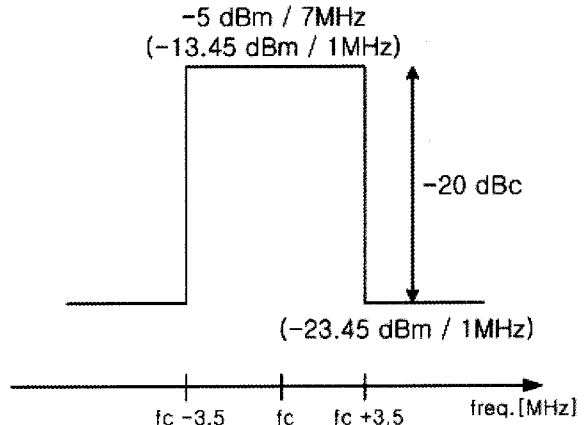
[표 4] 모의실험 파라미터 설정

항목	설정값
Frequency [MHz]	2400~2483
Transmit power [dBm]	-5, -15
Channel spacing [MHz]	5
Reception bandwidth [MHz]	2
Cell radius [m]	0.7
Antenna height [m]	1.5
Sensitivity [dBm@1% PER]	-94
Data rate [Kbps]	250
Noise floor [dBm]	-111
Propagation model	Free space
Receiver protection ratio(C/I) [dB]	10
Emission Mask	그림 4, 그림 5

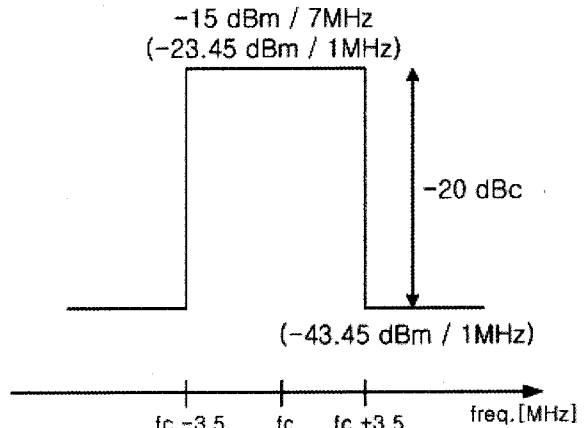
간섭 링크의 경우, 희생 링크와 동작 주파수를 제외한 나머지 파라미터는 동일하다.  $V_r$ 의 채널이 10개의 채널 중 첫번째 채널을 사용한다고 할 때,  $I_t$ 는 10개의 채널 중에서 동일한 확률로 하나의 채널을 선택하여 사용하게 된다.

불요 방사 마스크는 전송 신호의 전력 스펙트럼 밀도(Power Spectral Density)를 의미한다. 본 논문에서는 IEEE 802.15.4에서 규정된 불요 방사 마스크와 전송 전력 스펙트럼 밀도 마스크(Transmit Power Spectral Density Mask)를 따른다. 평균 스펙트럼 전

력은 100KHz 기준 대역폭을 사용하여 측정된다<sup>[7]</sup>. 불요 방사 마스크는 중심 주파수에서  $\pm 3.5\text{MHz}$ 에서 -20 dBc를 갖는다. 그림 4는 2.4GHz 대역에서 -5dBm을 적용한 불요 방사 마스크를 나타내고 그림 5는 -15 dBm을 적용한 불요 방사 마스크를 나타낸다.



[그림 4] -5dBm을 적용한 불요 방사 마스크



[그림 5] -15dBm을 적용한 불요 방사 마스크

#### 다. 간섭 분석 모의실험 결과

두 RF 송수신간의 이격 거리에 따른 간섭확률을 구하기 위하여 SEAMCAT을 사용하여 모의실험을 수행하였다. 이격거리를 고정하고 모의실험을 1회 실시시 2,000번의 경우의 수를 발생한다. 그림 6과 그림 7에서 표시된 하나의 점은 총 10회 모의실험한 평균 값이며 따라서 20,000번의 경우를 발생시킨 값의 평

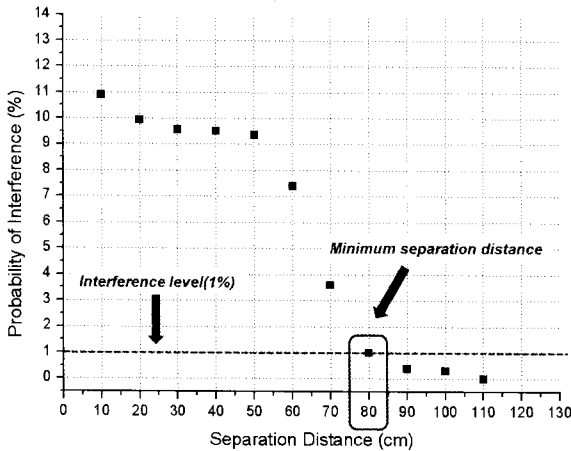
균값을 나타낸다. 모의실험결과, 두 송수신기간의 이격 거리  $d$ 가 증가함에 따라 간섭 확률이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

실험 시나리오 1의 결과로 도출된 송신기의 출력  $-5\text{dBm}$ 에서 최대 허용 간섭 확률 1%를 만족하는 이격 거리는 그림 6에서 나타난 것과 같이 80cm이다. 일반적인 간섭분석에서 간섭확률이 2%~5% 이내면 적합하다고 판단하나 본 논문에서는 간섭확률 1%를 만족하는 이격 거리를 도출하였다.

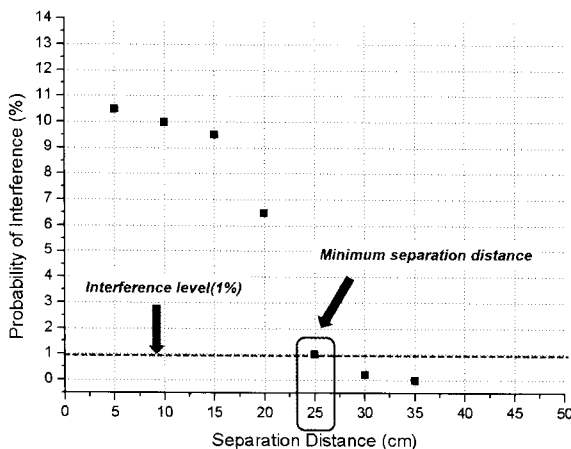
따라서, 원활한 무선 통신을 위해서는 병사간 이격 거리를 80cm 이상 유지해야 함을 알 수 있다. 실험 시나리오 2의 결과로 도출된  $-15\text{dBm}$ 에서 최대 허용

간섭 확률 1%를 만족하는 이격 거리는 그림 7에 나타난 것과 같이 25cm이다. 따라서, 원활한 무선 통신을 위해서는 병사간 이격 거리를 25cm 이상 유지해야 함을 알 수 있다.

모의실험 결과를 바탕으로, Ad-hoc 기능을 이용한 실험을 통해 얻은  $-15\text{dBm}$ 을 송신기의 출력으로 사용하였을 경우가 출력을  $-5\text{dBm}$ 을 사용하였을 경우보다 최소 이격 거리가 55cm 줄었다는 사실을 알 수 있다. 따라서 현실적인 과학화 전투 훈련을 위해서는 송신기의 출력을  $-15\text{dBm}$ 으로 설정하는 것이 적절하며, 원활한 무선 통신을 위하여 병사간 최소 이격 거리 25cm를 유지하여야 한다.



[그림 6] 실험 시나리오 1에 대한 모의실험 결과



[그림 7] 실험 시나리오 2에 대한 모의실험 결과

#### 4. 맺음말

본 논문에서는 과학화 전투 시스템에서 각 병사에 부착된 RF 송수신기가 오동작 없이 원활한 무선 통신을 하기 위한 1% PER을 만족하는 최소 출력을 실험을 통하여 구하였다. 직접 송수신하는 경우는 최소  $-5\text{dBm}$ 의 전력이 요구되었으며 중간에 중계 송수신기를 이용하는 경우는  $-15\text{dBm}$ 이 요구되었다. 또한 SEAMCAT 프로그램을 사용하여 간섭 확률 1%를 만족하는 두 병사 간 중심 이격거리의 각각 80cm와 25cm를 모의실험을 통하여 얻었다.

결과적으로 과학화 전투훈련 시스템에서 사용되는 RF 송신기의 최소의 전력은  $-15\text{dBm}$ 이고, 두 병사간 중심 거리는 25cm 이상 유지하는 실험 시나리오 2의 경우, 실험 시나리오 1에 비해 필요전력이 10dB 줄어들었다. 이처럼 출력이 낮아짐으로 인하여, 배터리 교체주기를 줄여주고 장시간 사용가능해 지는 효과를 얻을 수 있으며 이로 인해 훈련 병사 개개인들의 활동성이 증가하여 보다 나은 훈련 효과를 기대할 수 있다.

또한, 간섭의 영향도 함께 감소하여 실제 훈련 시에 병사들이 25cm 거리 이상만 유지한다면 병사들간의 송신 정보가 상대방 수신기에 영향을 미치지 않을 것으로 기대된다. 즉, 좁은 면적에 여러 병사들이 밀집해 있는 다양한 상황에서도 훈련 결과는 간섭 없이 정확하게 송수신되어 전달될 것으로 사료된다.

## 후 기

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터, 육성·지원사업(IITA-2008-C1090-0801-0041)의 연구결과로 수행되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] <http://www.kctc.mil.kr>
- [2] Seung-Joo Yee, Sang-Hyun Chun, Jong-Heon Kim, Chan-Joo Lee, "Interference Analysis of

2.4GHz RF Transceivers Using ZigBee Standard in Multiple Integrated Laser Engagement System(MILES)", IEEE Microwave Asia-Pacific Conference, pp. 195~198, December 2007.

- [3] <http://www.koreaelecom.com>
- [4] <http://www.antenova.com/?id=753&pv=1&lang=1>
- [5] ERC Report 68, "Monte Carlo Radio Simulation Methodolgy", [www.ero.dk](http://www.ero.dk).
- [6] Jerome Deloziere, Arnaud Youry and Marc Le Devendec, SEAMCAT UserManual, ERO, 2004.
- [7] IEEE, Standard 802.15.4, <http://standards.ieee.org/>