

통합 군 통신 시스템에서 상호운용으로 인한 간섭 영향 분석

Interference Influence Analysis on the Interoperability in the Combined Military Communication Systems

김 태 우 · 김 정 · 곽 영 길

Tae-Woo Kim · Jung Kim · Young-Kil Kwag

요 약

현대전의 전장 환경에서는 효율적인 작전 수행을 위하여 통합 군 무기체계 간 상호 운용이 필수적이다. 특히 네트워크 중심의 전자전 시스템에서 대부분의 최신 무기체계는 무선 통신을 위하여 전자파를 이용하므로 인접 무기 체계 간 상호 간섭의 영향에 취약하다. 본 논문에서는 통합 군 무기 체계에서 사용하는 대표적인 무선 통신 시스템을 중심으로 확산과 비확산 통신 방식으로 나누어 모델링하였다. 그리고 다양한 간섭원을 생성하여 인접 레이더 및 통신 간섭원에 의한 영향을 모의시험을 통하여 분석하였다. 모의시험 결과, 인접 간섭원의 변조 방식과 중첩 대역폭에 따라 피간섭 수신기의 성능이 영향을 크게 받는 것을 확인하였다. 본 연구 결과는 향후 통합 군 통신 무기 체계 간 상호 운용을 위한 간섭 보호 기준을 정립하는데 활용될 것으로 기대한다.

Abstract

It is essential for the combined military weapon system to be equipped with interoperability for the efficient combat operation in the modern warfare environment. Since most of modern military systems utilize the electromagnetic wave for the radio communication in the network-centric warfare system, they can be vulnerable to the mutual interference among the adjacent combined military systems. In this paper, the typical radio communication systems are modeled with the modulation types of both spread and non-spread spectrum system. The various interference signals were generated for the simulation of the mutual interference influence from the adjacent radar and communication systems. The simulation results show that the detection performance of the victim communication receiver is seriously affected by the various interferences such as the types of modulation and the ratio of the overlapping bandwidth of the adjacent interferers. This result will be useful for defining the criteria of the interference protection in the combined military system for the interoperability in the future.

Key words : Spread-Spectrum Communication, Interoperability, Interference Model, Interference Analysis, BER

I. 서 론

현대전의 양상이 복합 무기 체계 중심의 입체적 총력

전으로 변화함에 따라 전장을 구성하는 체계 간의 상호 운용성 확보가 매우 중요한 요소로 부각되고 있다.^[1] 특히 네트워크 중심의 전자전 시스템에서 대부분의 최신

「이 연구는 2011~2013년도 국방과학연구소의 국방전과 특화연구실 지원사업의 일부로 수행되었음.」

한국항공대학교 전자공학과(Department of Avionics Engineering, Korea Aerospace University)

· Manuscript received December 6, 2013 ; Revised March 12, 2014 ; Accepted March 14, 2014. (ID No. 20131206-14S)

· Corresponding Author: Young-Kil Kwag (e-mail : ykwag@kau.ac.kr)

무기 체계는 무선 통신을 위하여 전자파를 이용하므로 인접 무기 체계 간 상호 간섭의 영향에 취약하다. 이러한 시스템들이 합동 작전 하에 통합 운용될 때, 상호 간의 간섭 영향은 시스템의 성능을 상당히 저하시킬 수 있다. 이러한 간섭 문제를 해결하기 위해서는 동일 대역의 시스템 간의 간섭 영향 평가 및 상호 운용성 연구가 필수적이다. 이와 관련된 선행 연구들을 보면 광대역 통신 시스템의 경우, 부분적으로 대역이 중첩된 다른 시스템의 간섭 존재 시, SNR 관점에서 성능 분석을 하거나, 협대역 통신의 경우, 전체 대역 중첩 또는 동일 채널 상의 간섭 존재 시의 분석 등이 이루어지고 있다^{2)~4)}. 또한 전체 네트워크 수준에서의 간섭 영향 분석 및 통신 수용량 측면의 연구도 수행되고 있다^{5)~6)}. 이러한 연구와 더불어 본 논문에서는 통합군의 동일 대역 무기 체계 간의 상호 운용을 위한 간섭 분석을 위해 군 통신 시스템을 확산과 비확산으로 분류하여, 이에 대한 아군의 인접 레이다 간섭 및 통신 간섭 영향을 분석한다. 2장에서는 피간섭원 및 간섭원 모델을 만든다. 3장에서는 이 모델을 이용해 여러 변조 방식의 간섭 신호를 동일 대역에 생성하여 이에 대한 피간섭원의 영향을 BER(Bit Error Rate) 파라미터 관점에서 정량적으로 분석하여 4장에 결론을 제시하였다.

II. 간섭 영향 모델링

군 통신 시스템을 확산 코드 및 비확산 코드 통신으로 나누어 여러 변조 방식의 간섭에 대한 영향을 평가한다. 확산 코드의 대표 변조 방식으로 CDMA(Code Division Multiple Access), 비확산 코드의 대표 변조 방식으로 BPSK(Binary Phase Shift Keying)를 선정하여 통신 시스템 모델을 만들고, 이 두 시스템에 대한 간섭으로 군에서 사용하는 대표적인 여러 변조 방식의 통신 간섭 모델을 만든다. 간섭 시나리오를 그림 1에 도시하였다.

2-1 피간섭 통신 모델

피간섭 시스템인 BPSK 및 CDMA의 송수신부는 그림 2와 같으며, 이 중 BPSK 송신 신호의 수학적 모델은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다⁷⁾.

$$s(t) = \left(\sum_{k=-\infty}^{+\infty} d_k \times \delta_T(t - kT_b) \right) * h(t) \tag{1}$$

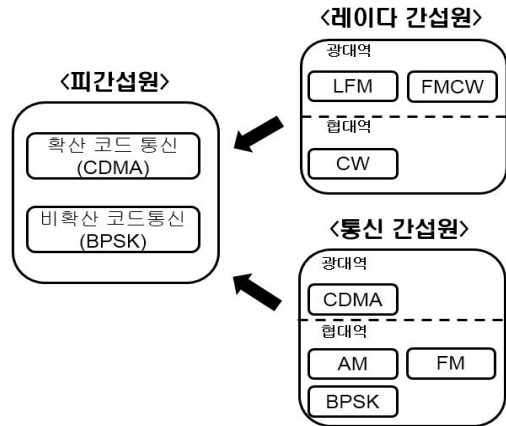


그림 1. 간섭원과 피간섭원 모델
Fig. 1. Victims and interferers model.

여기서 d_k 는 송신 데이터열, T_b 는 비트 지속 시간이다. $h(t)$ 는 SRRC(Square Root Raised Cosine Filter)이며, * 기호는 컨볼루션이다. 안테나를 통해 송신된 신호는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널을 거쳐서 간섭 신호와 함께 BPF(Band Pass Filter)를 통과하고, SRRC 필터를 거친 후 ADC(Analog to Digital Converter)를 통해 샘플링된다. 수신 신호 모델은 식 (2)와 같다.

$$r_1(t) = [s(t) + i(t) + n(t)] * h(t) \tag{2}$$

$$r_2(n) = \sum_{k=1}^{\infty} r_1(k * T_b + T_s) \tag{3}$$

동기점 T_s 지점부터 T_b 마다 샘플링하여 식 (3)의 수신 비트 신호를 생성한 후 송신 비트와 비교하여 BER을 계산한다.

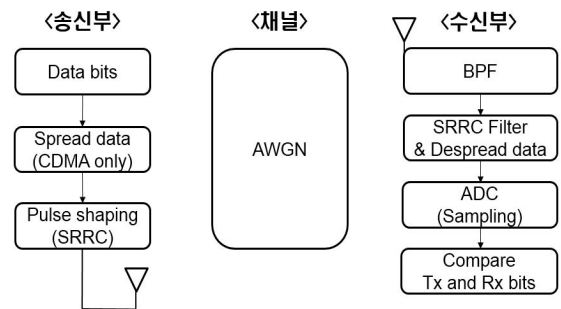


그림 2. 피간섭 통신 모델
Fig. 2. Victim communication model.

다음으로 확산 코드의 대표 변조 방식인 CDMA 시스템의 송신 신호 모델은 식 (4)와 같다.

$$s(t) = A \cdot \left(PN(n) \cdot \sum_{k=-\infty}^{+\infty} d_k \times \delta_T(t - kT_b) \right) * h(t) \quad (4)$$

여기서 A 는 진폭, $PN(n)$ 은 데이터열을 확산시키는 길이 n 의 의사 랜덤 코드이다. 이 경우, 송신된 신호의 수신 신호 모델은 식 (5)와 같다.

$$r(t) = ([s(t) + i(t) + n(t)] * h(t)) \cdot PN(n) \quad (5)$$

안테나를 통해 들어온 간섭과 잡음이 섞여서 들어오지만 수신시 역확산되어 PN 코드와 코릴레이션이 큰 신호 성분만 높은 레벨로 복호된다.

2-2 간섭 모델

간섭 신호는 레이더와 통신 신호로 분류하고, 각 신호의 변조 방식을 광대역과 협대역으로 나눈다.

2-2-1 레이더 간섭

레이더 간섭은 연속파인 협대역 CW(Continuous Wave)와 광대역 LFM(Linear Frequency Modulation), FMCW(Frequency Modulated Continuous Wave)를 모델링하였다. CW는 연속파 신호이며, 주파수 축에서 톤 신호로 나타난다. 신호 모델은 식 (6)과 같다.

$$CW(t) = A(t) \cos(\omega t) \quad (6)$$

LFM은 펄스 신호로 주파수가 펄스 지속 시간 동안 선형적으로 변화하여 넓은 대역폭을 갖게 된다. 신호 모델은 식 (7)과 같다⁸⁾.

$$LFM(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[\text{Rect} \left(\frac{t - kT_i}{\tau} \right) \cdot e^{j2\pi f_0((t - kT_i) + \frac{\mu}{2}(t - kT_i)^2)} \right] \quad (7)$$

여기에서 τ 는 펄스폭을 나타내며, μ 는 단위 시간당 주파수 변이를 나타낸다. 그리고 T_i 는 LFM의 펄스 반복 주기이다.

FMCW는 연속파 신호이며, 신호 모델은 식 (10)과 같다.

$$S_u(t) = \text{Rect} \left(\frac{t}{\tau} \right) \cdot e^{j2\pi \left(f_0 t + \frac{\mu_u}{2} t^2 \right)} \quad (0 < t < \tau) \quad (8)$$

$$S_d(t) = \text{Rect} \left(\frac{t}{\tau} \right) \cdot e^{j2\pi \left(f_0 t + \frac{\mu_d}{2} t^2 \right)} \quad (\tau < t < 2\tau) \quad (9)$$

$$I(t) = \sum_{k=0}^{\infty} [S_u(t - kT_i) + S_d(t - kT_i)] \quad (10)$$

여기에서 $\text{Rect}(t/\tau)$ 는 길이 τ 의 gate 함수이다. 식 (8)의 S_u 는 주파수가 선형적으로 증가하는 Up-chirp이며, 식 (9)의 S_d 는 Down-chirp 신호이다. 전체 FMCW 레이더 신호는 이 둘이 교대로 반복되는 식 (10)의 $I(t)$ 로 표현할 수 있다.

2-2-2 통신 간섭

통신 간섭은 주파수 확산을 통해 상대적으로 광대역을 갖는 CDMA와 협대역의 AM, FM, BPSK 신호를 사용하였다.

AM 통신 메시지 신호에 따라 진폭을 변조하여 반송 주파수에 송신하는 아날로그 변조 방식이다. 간섭 신호의 모델은 식 (11)로 표현된다.

$$AM(t) = V_c \cdot (1 + m \cos(2\pi f_m t)) \cdot \cos(2\pi f_c t) \quad (11)$$

FM 신호는 아날로그 메시지를 주파수에 변조하여 송신하며 모델은 식 (12)와 같다.

$$FM(t) = A \cos \left(2\pi f_c t + 2\pi f_\Delta \int_0^t x_m(\tau) d\tau \right) \quad (12)$$

여기에서 f_c 는 반송파 주파수이며, f_Δ 는 첨두 주파수 변이이다. 메시지 신호 $x_m(t)$ 에 따라 주파수를 변조하여 반송 주파수에 실어 송신한다.

III. 통합 간섭 시뮬레이션 및 영향분석

간섭 영향 시뮬레이션은 먼저 피간섭 시스템인 BPSK와 CDMA를 구현한 후 여기에 여러 종류의 통신 및 레이더 간섭을 각각 생성하여 이에 대한 피간섭원의 BER 성능 변화를 분석하여 이루어진다. 첫째로, 2장의 모델에

따라 E_bN_0 (Energy per Bit to Noise power spectral density ratio)에 해당되는 피간섭 통신 링크를 형성한다. 이 때, E_bN_0 는 BPSK와 CDMA에 대하여 각각 18 dB와 -15 dB로 설정하였다. 이는 군에서 일반적으로 CDMA 채널의 BER 요구조건으로 통용되는 $BER=10^{-6}$ 을 만족하는 E_bN_0 에 약 10 dB의 마진을 준 것이다⁹⁾. 간섭이 인가될 때, $BER=10^{-6}$ 로 악화되는 INR(Interference to Noise Ratio)을 정리하여 간섭의 종류에 따른 시스템의 민감도를 평가할 수 있으며, 해당 INR이 시스템에 마진으로 준 10 dB만큼의 잡음을 증가시켰음을 알 수 있다. 둘째로, 피간섭 수신단에 각 종류의 간섭 신호를 생성하되, 잡음 대비 간섭 전력인 INR을 점진적으로 증가시킨다. 이에 따라 피간섭원의 E_bN_0 열화에 의한 BER 변화를 도시하여 간섭 영향을 분석한다.

간섭 시뮬레이션에 사용한 피간섭원의 파라미터들은 표 1에 정리하였다. 두 시스템은 각각 확산 코드와 비확산 코드를 대표하므로 이에 따른 영향 비교를 위해 전송율은 동일하게 하고, 확산 계수에 따라 채널 대역이 64배가 되도록 하였다.

BPSK와 CDMA의 주파수 대역은 군의 무전기 주파수를 사용하였으며, 두 시스템의 성능 비교를 위해 그림 3에는 BPSK와 CDMA의 E_bN_0 에 따른 BER을 도시하였다.

통신 및 레이더 간섭 신호의 시뮬레이션 파라미터는 표 2에 정리하였다. 피간섭원 시스템인 BPSK와 CDMA 각 시스템에 대하여 통신 간섭 4종류, 레이더 간섭 3종류의 간섭을 인가하였고, 간섭원의 대역은 모두 피간섭원의 대역 내에 위치하도록 신호를 생성하였다.

표 1. 피간섭원 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters of victims.

Parameter	BPSK	CDMA
Frequency range	30~87.975 MHz	30~87.975 MHz
Channel bandwidth	25 kHz	1.6 MHz
Number of channels	2,320	36
Spreading factor	1	64
Data rate	25 kbps	25 kbps
E_bN_0	18 dB	-15 dB
Channel environment	AWGN	AWGN

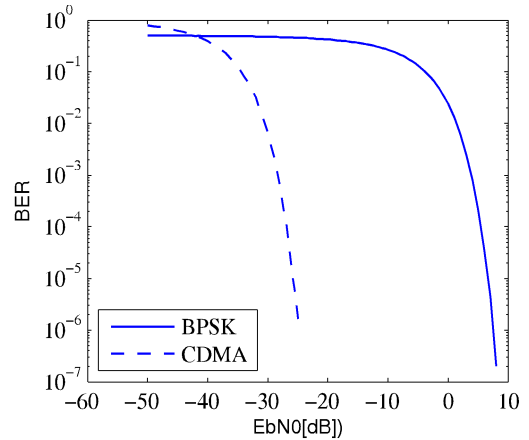


그림 3. BPSK와 CDMA의 BER 성능 비교
Fig. 3. Comparison of BPSK and CDMA BER performance.

표 2. 통신 및 레이더 간섭 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameter of communication & radar interferer.

Comm. interferer	Bandwidth	Data rate	Radar Interferer	Bandwidth
AM	약 2 kHz	N/A	CW	N/A
FM	약 2 kHz	N/A	LFM	1.6 MHz
BPSK	25 kHz	25 kbps	FMCW	1.6 MHz
CDMA	1.6 MHz	25 kbps		

3-1 비확산코드 통신(BPSK)의 간섭 영향 분석

본 절에서는 BPSK 시스템의 레이더 및 통신 간섭에 대한 영향을 분석한다. 먼저, 그림 4에는 통신 간섭에 따른 영향을 도시하였다.

간섭원의 변조 방식에 따라 서로 다른 민감도를 가지며, 성능이 악화되는 것을 볼 수 있다. 협대역 통신 특성상 신호가 특정 주파수에 밀집되어 있는 AM 간섭에 대해 매우 작은 신호인 $INR=-20$ dB에도 민감하게 반응하였으며, 광대역 간섭인 CDMA에 대해서는 상대적으로 적은 영향을 받았다.

그림 5에는 동일 대역의 레이더 간섭이 존재하였을 때 BER 성능 변화 곡선이다. 협대역 통신인 BPSK는 같은 협대역인 CW에 대해 민감하게 반응하였으며, 주파수가 넓은 대역에 분포하고 있으며, 많은 스푸리어스 성분을

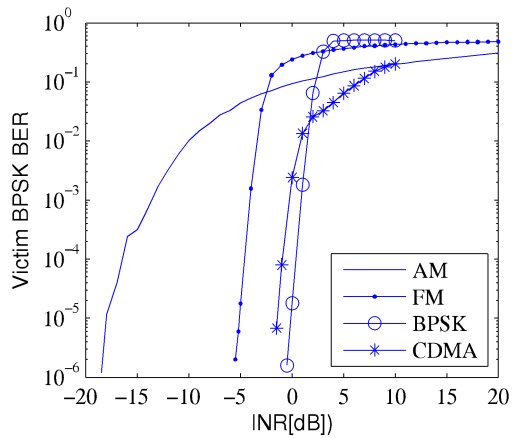


그림 4. BPSK의 통신 간섭별 영향 비교
 Fig. 4. Interference effect comparison of BPSK against each communication interference.

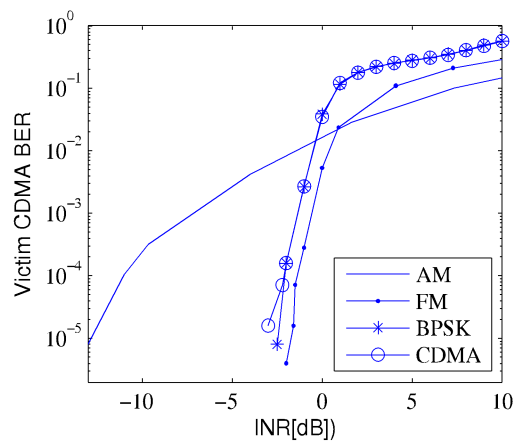


그림 6. CDMA의 통신 간섭별 영향 비교
 Fig. 6. Interference effect comparison of CDMA against each communication interference.

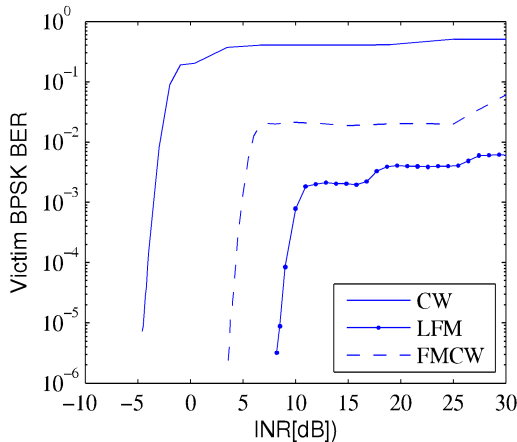


그림 5. BPSK의 레이더 간섭별 영향 비교
 Fig. 5. Interference effect comparison of BPSK against each radar interference.

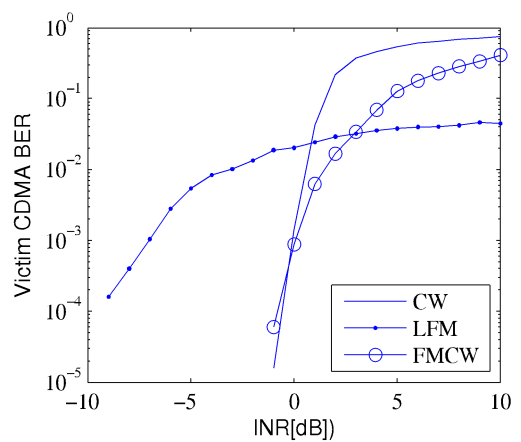


그림 7. CDMA의 레이더 간섭별 영향 비교
 Fig. 7. Interference effect comparison of CDMA against each radar interference.

갖는 LFM에 대해서는 강한 내성을 가졌다. 한편, FMCW는 LFM과 CW의 속성을 동시에 내포하고 있으므로 중간 정도의 영향을 보였다.

레이더 간섭통신과 비교해 보면 통신 간섭의 경우에는 신호의 주파수 당 에너지 집적도가 높은 AM에 의한 간섭 영향이 가장 컸으며, 레이더의 경우에는 CW 간섭에 대해 민감하게 반응하였다.

3-2 확산코드 통신(CDMA)의 간섭 영향 분석

그림 6~7은 각각 CDMA 시스템의 통신 간섭과 레이

더 간섭에 따른 간섭 영향을 나타낸다. BPSK에 비해 상대적으로 광대역 신호인 CDMA의 경우, FM, BPSK, CDMA의 통신 간섭에 대해서 서로 비슷한 간섭 영향을 받았다. 약 -3 dB의 INR이 인가되었을 때 $BER=10^{-6}$ 이 되었고, 이 지점을 기점으로 성능이 크게 악화되었다. 레이더 간섭에 대해서는 협대역 간섭인 CW에 대해 매우 강한 내구성을 보였으며, 광대역 간섭 신호인 LFM에 대해서는 통신 품질이 민감하게 저하되었다.

이는 송신 정보를 넓은 대역에 분산하는 CDMA 특성에 기인한 것으로 광대역 간섭에는 취약할 수 있다는 결

표 3. BER=10⁻⁶이 되는 각 간섭별 임계 INR
 Table 3. Critical INR resulting in BER=10⁻⁶ for each interference.

피간섭원	통신 간섭 인가 시		레이다 간섭 인가 시	
BPSK	AM	-18 dB	CW	-4.5 dB
	FM	-5 dB	LFM	8.5 dB
	BPSK	-0.12 dB	FMCW	3.8 dB
	CDMA	-1.4 dB		
CDMA	AM	-15 dB	CW	-2 dB
	FM	-2 dB	LFM	-10 dB
	BPSK	-3 dB	FMCW	-2 dB
	CDMA	-4 dB		

론을 내릴 수 있다. 이러한 결과는 일반적으로 고출력으로 송신하는 레이더의 특성상 스푸리어스 성분에 의해 CDMA의 통신 품질이 상당히 악화될 수 있음을 보여준다.

피간섭원의 통신 방식에 따라 각 변조 방식에 대해 상이한 민감도를 가짐을 알 수 있었다. 이를 정리한 표 3은 간섭이 해당 피간섭원에 주어졌을 때, BER이 10⁻⁶이 되는 INR(Interference to Noise Ratio)을 의미하며, 간섭이 표 3의 INR 만큼 인가되면 잡음 전력이 10 dB 증가한 효과와 동등함을 나타낸다. 이 점을 중심으로 성능이 급격히 저하된다.

광대역 통신 시스템인 CDMA의 경우에는 간섭 신호와 대역이 일부분만 중첩되는 경우가 발생하므로, 간섭원의 대역 중첩에 따른 영향을 추가적으로 모의 시험하여 그림 8에 도시하였다. 피간섭원의 대역을 100 %로 했을 때, 이 중 일부분의 대역이 간섭원과 중첩되는 경우, 피간섭원의 대역폭 1.6 MHz가 간섭원의 대역과 각각 100 %, 75 %, 50 %, 25 % 중첩되도록 시뮬레이션하였다. 간섭 변조 방식은 광대역 LFM을 사용하였다.

그림 8의 분석 결과를 보면 OTR(On Tune Rejection)이 간섭원과 피간섭원의 대역폭의 중첩 정도에 따라 수신단에서 대역 외 간섭 전력 신호를 제거함을 알 수 있다. 대역 중첩이 감소할수록 더 큰 OTR이 발생하며, 이는 피간섭 시스템이 발생한 OTR만큼의 간섭을 더 견딜 수 있을

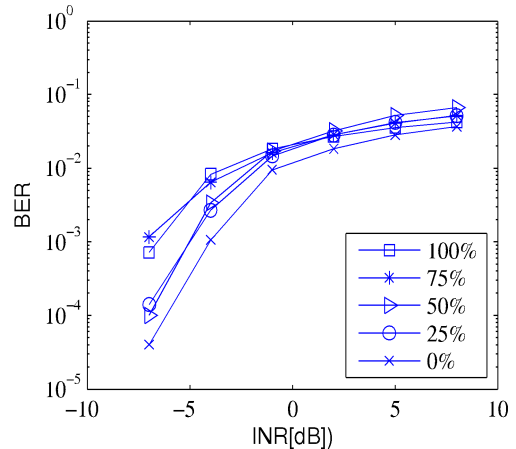


그림 8. 대역 중첩에 의한 간섭 영향 비교
 Fig. 8. Interference effect comparison depending on band overlap ratio.

을 의미한다.

IV. 결 론

최근 현대전의 네트워크 중심의 통합 무기 체계에서 군 무선 전파 통신 시스템 상호 간의 간섭 영향이 점차 심각해지고 있다. 본 논문에서는 군 통신 시스템을 확산 코드와 비확산 코드 시스템으로 분류하여 모델링하고, 군의 다양한 통신 변조 간섭과 간섭원과 피간섭원의 대역 중첩비에 따른 간섭영향을 모의시험을 통하여 분석하였다. 간섭 영향 분석 결과 인접 간섭원의 변조 방식과 중첩 대역폭에 따라 피간섭 수신기의 성능에 크게 영향을 미치는 것을 확인하였으며, 특히 동일한 INR에 대하여 확산 방식이 비확산 변조 방식에 비하여 BER 성능이 우수한 것으로 나타났다. 따라서 무선 전파 통신 방식에 따른 상호 간섭 영향을 고려하여 군 전파 간섭 보호 기준을 설정해야 함을 알 수 있다.

향후 실제 전장 환경에서 다중경로의 페이딩 현상을 고려한 간섭 영향 분석이 필요하며, 통합 군 무기 체계의 상호 운용을 위한 간섭 억제 기법에 대한 연구가 계속되어야 할 것이다. 본 논문에서 제시한 간섭 영향 분석 결과는 향후 군 무기 체계 간 상호 운용을 위한 간섭 보호 기준 정립에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 국방전파 특화연구실 과제 수행에 도움을 주신 방위사업청 관계자 및 국방과학연구소 전용찬 실장님과 실원 여러분에게 감사드립니다.

References

[1] 조병인, 이상일 "국방 상호운용성 발전 방향", 국방과학기술 플러스, vol. 11, pp. 1-6, 2006년.
 [2] N. Yongxia, Y. Dacheng, and W. Wenbo, "Performance analysis of MC DS-CDMA in the presence of partial band interference", *Communication Technology Proceedings, IEEE Int.*, pp. 586-589, Aug. 2000.
 [3] T. V. Poon, N. C. Beaulieu, "Performance analysis of a jointly optimal BPSK receiver in cochannel interference", *Global Telecommunications Conference, GLOBE-COM '03*, pp. 1721-1725, Dec. 2003.
 [4] R. A. Axford, "Effects of CW- and BPSK-signal inte-

ference on a standard BPSK digital communication system", *DTIC, Technical Report*, Aug. 1992.
 [5] E. D. Murray, "An analysis of the effect of UWB interference on W-CDMA networks", *3G and Beyond, IEE Int.*, pp. 1-5, Nov. 2005.
 [6] J. H. Kim, Y. J. Choi, and S. W. Bahk, "Interference based capacity analysis in CDMA cellular systems", *Wireless Communications and Networking, WCNC 2003*, pp. 1412-1417, Mar. 2003.
 [7] Harada, Hiroshi, *Simulation and Software Radio for Mobile Communications*, Artech House Publishers, pp. 71-90, 2002.
 [8] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using Matlab*, Chapman & Hall/CRC, pp. 299-309, 2005.
 [9] J. Staba, T. Vaga, T. Dennis, and I. Sharret, "CDMA cellular architecture, for army tactical communications", *Proc. MILCOM*, pp. 1303-1307, vol. 3, Nov. 1997.

김 태 우



2012년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
 2013년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 석사과정
 [주 관심분야] 레이더 신호처리, 레이더 및 통신 간섭 분석 및 제거 기법

김 정



2004년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학사)
 2011년 2월: 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학석사)
 2011년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자공학과 박사과정

[주 관심분야] Adaptive Array Digital Beamforming, Anti Jamming, Radar Signal Processing, SAR Signal Processing

곽 영 길



1976년 2월: 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)
 1981년 2월: 한국과학기술원 전기전자공학과 (공학석사)
 1987년 6월: 미국 오하이오대학교 전기전자공학과 (공학박사)
 1976년 3월~2001년 3월: 국방과학연구소 책임연구원, 레이더 및 SAR 연구실장

1997년 2월~1999년 2월: 영국 Marconi Space 위성 SAR 책임자
 2001년 3월~현재: 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수 및 레이더연구소 소장
 2002년 4월~2008년 12월: 한국전자과학회 레이더연구회 창립위원장, 현재 IEEE Radar Society 및 APSAR Committee 위원
 2007년 9월~2008년 8월: 영국 옥스퍼드대학교, 방문 연구교수
 2009년~2011년: 국회 한국과학기술정책연구회 회장
 2009년~2011년: APSAR 2011, General Chair, 대회장
 2010년~현재: IEEE AESS Korea Chapter Chair
 2013년~현재: 미래창조부 국가과학기술심의회 전문위원
 [주 관심분야] Radar System Design, Radar Signal Processing, Synthetic Aperture Radar, Collision Avoidance Radar, Adaptive Array, Spectrum Analysis and Interference Rejection