

# 스핀스캔 레티클 탐색기의 DIRCM 재밍효과 분석

## DIRCM Jamming Effect Analysis of Spin-Scan Reticle Seeker

안 상 호\*                      김 영 춘\*\*                      이 광 세\*  
 Sang-Ho Ahn                  Young-Choon Kim              Kwang-Sei Lee

김 기 홍\*\*\*                  김 성 수\*\*\*  
 Ki-Hong Kim                  Sung-Soo Kim

### Abstract

The function of DIRCM(Directed Infrared Countermeasures) jamming is to cause the missile to miss its intended target by disturbing the seeker tracking process. The DIRCM jamming uses the pulsing flashes of IR energy and its frequency, phase and intensity have influence on the missile guidance system. In this paper, we analysis the DIRCM jamming effect of spin-scan reticle seeker. Simulation results show that the jamming effect is greatly influenced by frequency, phase and intensity of the jammer signal.

Keywords : Spin-Scan Reticle(스핀스캔 레티클), Seeker(탐색기), DIRCM(지향성 적외선방어책), Jamming Effect(재밍 효과)

### 1. 서론

최근의 현대전에서 미사일은 성능의 발전으로 전차, 수송기, 헬기 및 전함 등에 큰 위협이 되고 있고, 군사장비 및 인명에 큰 손실을 주기 때문에 이에 대한 대응책(countermeasure)이 절실히 요구되고 있다. 미사일은 공격목표물에서 발생하는 열(thermal)에너지를 이용하는 적외선 유도미사일이 일반적으로 사용되고 있

으며, 지난 20년 동안 전투지역에서 항공기 손실의 90%가 적외선 유도미사일에 의한 것이었다. 따라서 미국 및 유럽 국가 등은 적외선 유도미사일 공격에 대해 자국의 항공기를 보호하기 위한 적외선대응책(IRCM : Infrared Countermeasure)의 개발이 활발히 이루어지고 있다<sup>[1]</sup>. IRCM방식은 크게 플레어(flare)방식과 재머(jammer)방식으로 나눌 수 있으며, 재머방식은 다시 전방향(omni-directional) 재머방식과 지향성(directed) 재머방식으로 나눌 수 있다<sup>[2]</sup>. 전방향 재머방식은 미사일공격에 대비한 예방차원에서 재밍원을 전방향으로 발사시키는 방식인 반면에 지향성 재머방식은 공격해 오는 미사일을 향해 재밍원을 집중시키는 방식이다. 전방향 재머방식은 주로 알칼리증기 아크램프 또는 연료연소형 램프를 재밍원으로 사용하며, 지향

† 2009년 7월 17일 접수~2009년 10월 9일 게재승인

\* 인제대학교(Inje University)

\*\* 영동대학교(Youngdong University)

\*\*\* 국방과학연구소(ADD)

책임저자 : 안상호(elecash@inje.ac.kr)

성 재머방식은 고휘도 Xenon 램프 또는 적외선 대역의 레이저를 재밍원으로 사용한다. 지향성 재머방식은 DIRCM(directed IRCM)방식이라고 하며 기존의 플래어방식이나 전방향 재머방식에 비해 재밍 효율성이 높기 때문에 앞으로의 재밍방식에 주류를 이룰 것으로 전망된다.

미사일은 주로 단일 적외선 검출기(detector)를 사용하며, 표적의 위치를 추출하기 위해 톱니원판 형태의 레티클(reticle)를 사용한다. 그러나 최근에는 4개의 검출기를 사용한 4분형 검출기(quadrant detector)와 FPA(focal plane array)검출기를 사용한 영상(imaging)탐색기가 개발되었다. 단일 검출기를 사용하는 탐색기는 크게 스핀스캔(spin-scan), 콘스캔(conscan) 및 로제(rosette-scan)스캔 방식으로 분류된다. 지금까지 레티클 탐색기에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다<sup>13~17</sup>. 그러나 이들 연구는 주로 미사일 관점에서 레티클의 종류, 신호처리 및 시뮬레이션에 관한 연구들이었다. 재머방식은 레티클 탐색기의 신호를 교란시키기 위해 적외선 대역의 재머신호를 미사일에 발사하는 것이므로 재밍효과가 높은 재머신호가 요구된다<sup>18</sup>. 최근에 일부 국가들에 의해 연구 개발되고 있는 DIRCM의 개발을 위해서는 각종 탐색기의 종류에 따라 재밍효과가 우수한 재머신호의 개발 및 분석이 요구된다.

본 연구에서는 초기에 개발되었지만 아직 전 세계에 널리 확산되어 있는 스핀스캔 탐색기를 대응하기 위한 DIRCM의 재머신호에 대해 재밍효과를 시뮬레이션으로 분석하였다. 재머신호는 강도, 주파수 및 위상에 따라 다양한 형태를 가질 수 있으므로 이들의 변화에 따라 스핀스캔 레티클 탐색기에서의 영향에 대해 조사하였다.

## 2. 스핀스캔 탐색기

Fig. 1은 단일 검출기를 가지는 적외선 유도 미사일 시커의 광학부 구성도를 나타낸다. 여기에는 2개의 거울 즉, 1차 및 2차 반사경이 있으며, 이들 거울은 표적으로부터 입사되는 적외선 에너지를 레티클을 통해 IR검출기로 집속시킨다. 레티클과 검출기는 2개의 거울과 함께 하나로 결합되어 있고 1차 거울은 영구자석으로 구성되어 있어 외부 코일(coil)에 의해 레티클과 함께 회전하여 자이로(gyro)역할을 한다.

스핀스캔 탐색기의 레티클 구조는 Fig. 2(a)와 같으

며, 레티클의 하단부는 투과율이 50%인 반투명물질이고 상위의 톱니는 완전 투과 또는 완전 차단되는 물질로 구성되어 있다. 표적(target)이 레티클 내에 존재하고 레티클이 회전하면 검출기의 출력파형은 Fig. 2(b)와 같은 펄스신호가 발생된다. 레티클의 회전주기(spining period)  $T_m$ 을  $2\pi$ 라 두면 레티클의 1개 스포크(spoke)에 의한 펄스주기인 캐리어주기(carrier period)  $T_c$ 는  $2\pi/12 = \pi/6$ 가 된다.

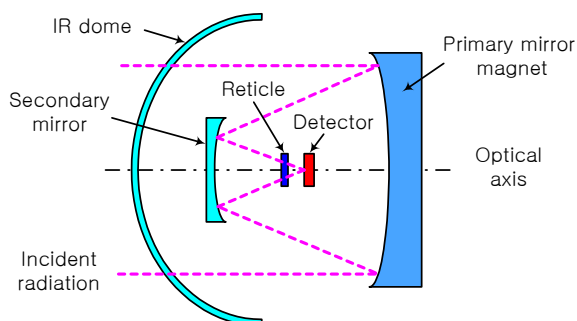
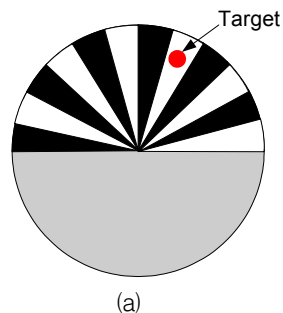
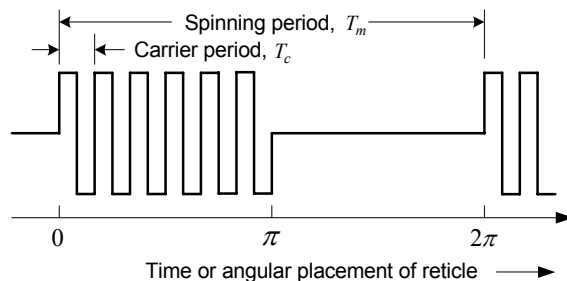


Fig. 1. 적외선 유도미사일 탐색기의 광학부 구조



(a)



(b)

Fig. 2. 스핀스캔 탐색기의 (a) 레티클 구조 및 (b) 검출기 출력파형의 예

가. 스피ن스캔 탐색기의 신호처리

Fig. 3은 스피ن스캔방식의 신호처리 과정을 나타낸다. 검출기의 출력신호는 레티클의 캐리어 주파수가 중심 주파수를 가지도록 설계된 캐리어 대역통과필터(BPF)로 캐리어주파수 성분을 추출한다. 다음 단계인 AM (Amplitude Modulation) 복조기(de-modulator)는 캐리어 펄스그룹의 진폭을 검출하기 위해 사용되며, 포락선(envelop)검출기를 주로 사용한다. 이의 출력파형은 레티클 회전주파수(spinning frequency)의 주기적 특성을 가지게 되므로, 또 다른 BPF를 이용하여 레티클 회전 주파수를 가지는 정현파신호를 추출한다. 그리고 위상 판별기(phase discriminator)로 레티클의 기준 시작점에 동기가 맞추어진 기준(reference)정현파신호를 사용하여 표적의 방위각(azimuth angle) 정보인 위상차(phase difference)를 추정한다. 이의 신호는 자이로코일(gyro coil)에 인가되어 탐색기가 표적을 지향하게 만든다.

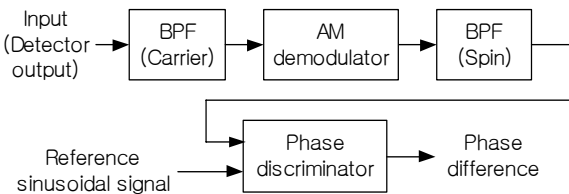


Fig. 3. 스피ن스캔 방식의 신호처리 과정

나. 스피ن스캔 탐색기의 DIRCM 재밍

Fig. 4는 스피ن스캔 탐색기에 시간적으로 변조된 재밍신호가 가해진 경우 즉 DIRCM이 가해지는 경우의 개요도이다. Fig. 4에서  $A$ 는 레티클에 인가되는 표적의 복사전력,  $P_j(t)$ 는 레티클에 인가되는 시-변조 재머전력 그리고  $m_r(t)$ 은 레티클변조함수라고 할 때, 검출기에 인가되는 복사전력  $P_d(t)$ 는

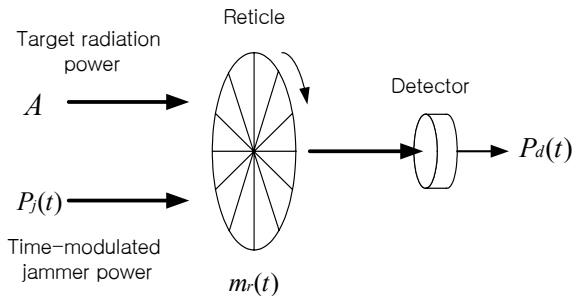


Fig. 4. 탐색기에 재밍이 가해진 경우의 개요도

$$P_d(t) = [A + P_j(t)] m_r(t) \tag{1}$$

로 표현될 수 있다<sup>[8]</sup>.

레티클변조함수  $m_r(t)$ 의 예는 Fig. 5(a)에서와 같으며,

$$m_r(t) = \frac{1}{2} [1 + \alpha m_t(t) \sin \omega_c t] \tag{2}$$

로 표현될 수 있다. 여기서  $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ 는 변조효율의 척도로 사용되는 상수이고,  $m_t(t)$ 는 캐리어 게이팅 함수 그리고  $\omega_c$ 는 캐리어 각주파수(angular frequency)를 나타낸다. 캐리어 게이팅함수  $m_t(t)$ 의 예는 Fig. 5(b)와 같으며, 레티클 각주파수  $\omega_m$ 을 가지고 듀티비(duty factor)가 50%인 구형파이다. 레티클변조함수  $m_r(t)$ 도 캐리어변조함수  $m_t(t)$ 와 동일하게 각주파수가  $\omega_m$ 인 주기함수로 간주할 수 있다. 재머변조파형  $P_j(t)$ 은 Fig. 5(c)에서와 같이 주파수  $\omega_{cj}$ 의 캐리어를 가지고 재머주파수  $\omega_j$ 로 반복된다고 가정하면,

$$P_j(t) = \frac{B}{2} m_j(t) (1 + \sin \omega_{cj} t) \tag{3}$$

로 된다. 여기서  $B$ 는 재머파위의 강도이고,  $m_j(t)$ 는  $m_t(t)$ 와 동일한 형태로 단지  $\omega_m$ 이  $\omega_j$ 으로만 바뀐 것이다. 검출기에서  $P_d(t)$ 는 전압 또는 전류로 변환되고 신호처리가 이루어진다.

재머의 캐리어주파수  $\omega_{cj}$ 가 탐색기의 캐리어 주파수  $\omega_c$ 와 동일하다면 가정하고, 식 (2)와 식 (3)을 식 (1)에 대입하면

$$P_d(t) = \frac{1}{2} \left[ A + \frac{1}{2} B m_j(t) (1 + \sin \omega_c t) \right] \cdot [1 + \alpha m_t(t) \sin \omega_c t] \tag{4}$$

이 된다. 캐리어 BPF가 캐리어주파수 또는 가까운 캐리어주파수의 신호만 통과된다고 가정한다면, 캐리어 BPF의 출력은

$$s_c(t) \approx \alpha \left[ A + \frac{1}{2} B m_j(t) \right] m_t(t) \sin \omega_c t + \frac{1}{2} B m_j(t) \sin \omega_c t \tag{5}$$

와 같이 근사화될 수 있다. 식 (5)에서 캐리어변조의 포락선신호는 정현성분  $\sin\omega_m t$ 이 제거되고 진폭만이 남으므로

$$s_e(t) \approx \alpha A m_t(t) + \frac{B}{2} m_j(t) [1 + \alpha m_t(t)] \quad (6)$$

으로 표현될 수 있다. 포락선신호  $s_e(t)$ 는 회전 각주파수  $\omega_m$  부근의 성분만을 통과시키는 BPF에 인가시킨다.  $\omega_j$ 가  $\omega_m$ 에 가깝다고 가정한다면 BPF의 출력은

$$P(t) \approx \alpha \left( A + \frac{B}{4} \right) \sin\omega_m t + \frac{B}{2} \left( 1 + \frac{\alpha}{2} \right) \sin[\omega_j t + \varphi_j(t)] \quad (7)$$

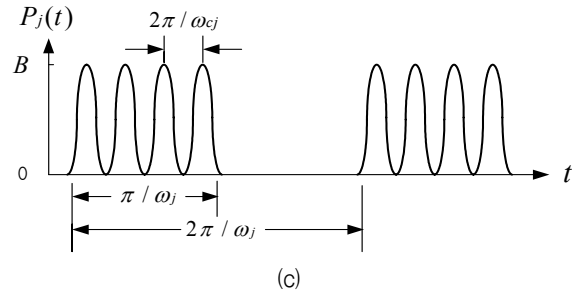
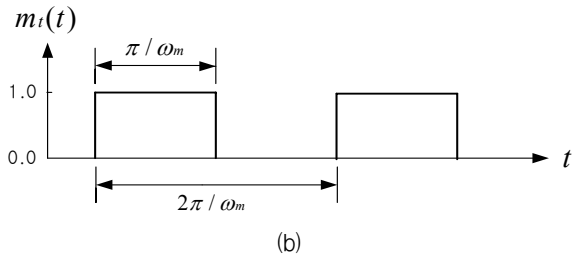
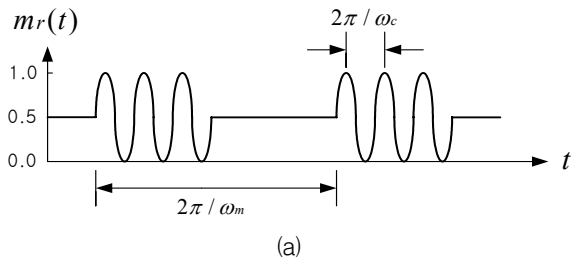


Fig. 5. 스프인스캔의 (a) 변조파형, (b) 캐리어변조 함수 및 (c) 재머변조파형

과 같다. 여기서  $\varphi_j(t)$ 는  $\omega_j$ 과  $\omega_m$ 의 위상차(phase difference)이다. 회전주파수 BPF의 출력  $P(t)$ 는 표적의 방위각(azimuth angle)을 구하기 위해 위상판별기(phase discriminator)에 인가된다. 표적의 방위각은 회전주파수의 기준위상과의 차에 비례하므로 이의 위상차  $\phi(t)$ 를 구하기 위해  $P(t)$ 에  $\omega_m$ 의 각주파수를 가지는 기준 정현파신호  $\exp(j\omega_m t)$ 을 곱하고 고주파성분을 차단한 결과는

$$\phi(t) \approx \alpha \left( A + \frac{B}{4} \right) + \frac{B}{2} \left( 1 + \frac{\alpha}{2} \right) \exp[j\beta(t)] \quad (8)$$

과 같으며, 여기서  $\beta(t) = (\omega_m - \omega_j)t - \varphi_j(t)$ 이다. 위상차 신호  $\phi(t)$ 는 탐색기 자이로에 인가된다. 만일 재머가 존재하지 않을 때( $B=0$ 일 때),  $\phi(t)$ 는  $\alpha A$ 에 비례하므로 표적을 향하도록 자이로광학계가 동작하게 된다. 그러나 재밍변조가 존재하면 정현적인 교란을 일으키게 된다.

### 3. 재밍효과 분석

본 연구에서는 Fig. 2(a)와 같은 스프인스캔 레티클을 가지는 탐색기의 재밍효과를 분석하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다. 캐리어주파수  $f_c$ 는 1.2kHz, 레티클 회전주파수  $f_m$ 은 100Hz 그리고 샘플링주파수  $f_s$ 는 36kHz로 설정하였다. 신호처리는 Fig. 3과 같은 과정을 통해 이루어졌으며, 첫 번째 BPF는 중간주파수가 1.2kHz이고 대역폭이 500Hz가 되도록 설계하였고, 두 번째 BPF는 중간주파수가 100Hz이고 대역폭을 20Hz로 설계하여 사용하였다.

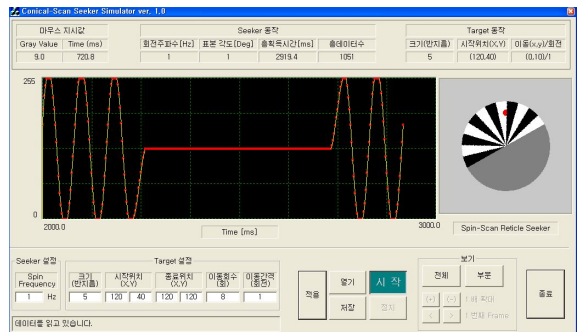


Fig. 6. 개발한 탐색기 모의시험 툴(tool)

Fig. 6은 스핀스캔 탐색기의 시뮬레이션을 위해 자체 개발한 모의시험틀(tool)의 화면을 나타낸 것이다. 우측의 레티클영상은 표적이 12시 방향에 있고 레티클이 회전하는 것을 나타내고 이에 따른 검출기의 출력파형을 좌측 화면창에 나타내었다. 검출기신호는 Fig. 3과 같은 신호처리를 거쳐 표적의 방위각을 추정하였다. 모의시험 틀은 레티클의 회전주파수, 데이터 샘플링주파수, 표적의 위치, 크기, 강도 및 이동 등을 설정할 수 있고 데이터를 저장하고 처리할 수 있도록 개발되었다.

위상판별기의 출력은 표적추적을 위한 자이로에 인가되며 자이로의 관성에 의해 주로 위상차신호  $\phi(t)$ 의 DC성분에 의해 추적이 이루어진다. 따라서 본 시뮬레이션에서는 레티클이 매 회전할 때마다  $\phi(t)$ 를 평균한 값인

$$\bar{\phi} = \frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \phi(t) dt \quad (9)$$

을 추정위상차로 사용하였다. 여기서  $T_m$ 는 레티클 회전주기로서  $T = 2\pi/\omega_m$ 이다. 표적의 방위각에 따른 추정위상차  $\bar{\phi}$ 는 정현파의 형태를 가지며, 이의 크기는 신호처리에 포함된 여러 변수들에 영향을 받으므로 사용하는 신호처리방식에 따라 달라질 수 있다.

가. 재머신호 강도  $B$ 에 따른 영향

재머신호  $P_j(t)$ 의 각주파수  $\omega_j = 2\pi f_j$ 가 탐색기의 레티클 각주파수  $\omega_m$ 과 동일하고 위상도 서로 동일할 때 재머신호의 강도  $B$ 에 따른 영향을 조사하였다. Fig. 7은 레티클의 매 회전마다 재머신호의 강도  $B$ 에 따른 추정위상차  $\bar{\phi}$ 를 나타낸 것이다.

재밍신호가 없는 경우( $B=0$ )와 재밍신호의 강도가  $B=1$  및  $B=2$ 인 경우의 결과이며 재머신호의 주파수와 위상이 레티클의 것과 동일하므로 안정되게 추정위상차의 값이 수렴됨을 알 수 있다. 추정위상차가 0.05를 가지는  $-10^\circ$ (또는  $350^\circ$ )의 방위각에 표적이 정지해 있다고 가정하였고,  $B=0$ 인 경우에 약 5회의 레티클 회전시간(약 0.05초)만에 추정위상차가 0.05로 수렴함을 알 수 있다.  $B$ 가 클수록 추정위상차가 큰 값을 가지게 되고, 이는 표적 추적을 위해 자이로코일에 인가되므로 더욱 빠르게 표적을 향하도록 만들 수 있다. 다시 말해 재머신호의 강도  $B$ 가 표적의 강도

$A$ 에 추가되어 오히려 표적추적을 더욱 용이하게 만드는 결과를 가져온다.

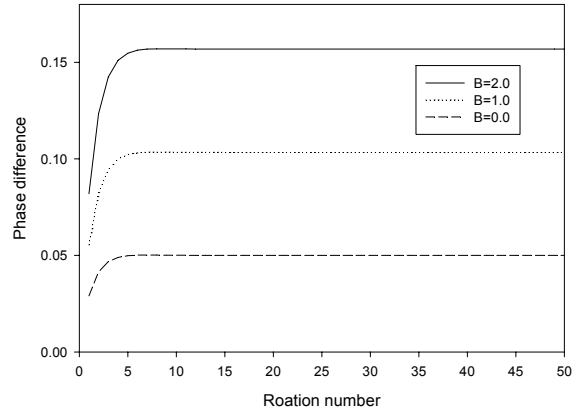


Fig. 7.  $f_j = f_m = 100 \text{ Hz}$ 이고 동상일 때 재머신호 강도  $B$ 에 따른 추정위상차  $\bar{\phi}$

나. 재머와 레티클의 위상차  $\varphi_j(t)$ 에 따른 영향

Fig. 8은 재머신호  $P_j(t)$ 의 각주파수  $\omega_j$ 가 탐색기의 레티클 회전 각주파수  $\omega_m$ 과 동일하지만 위상이 다른 경우 위상차  $\varphi_j(t)$ 에 따른 신호처리의 결과인 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 변화를 나타낸다. 위상차  $\varphi_j(t)$ 는  $0^\circ$ 에서  $360^\circ$ 까지 위상각(phase angle)으로 표현하였다. 위상각이  $0^\circ$ 일 때는 Fig. 7과 같은 추정위상차를 가진다. 그러나 재밍신호가 있는 경우에는 위상각에 따라 추정위상차의 변화가 크게 나타남을 알 수 있고 그 크기

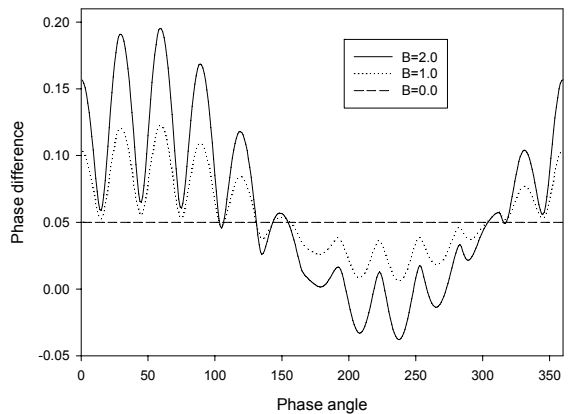


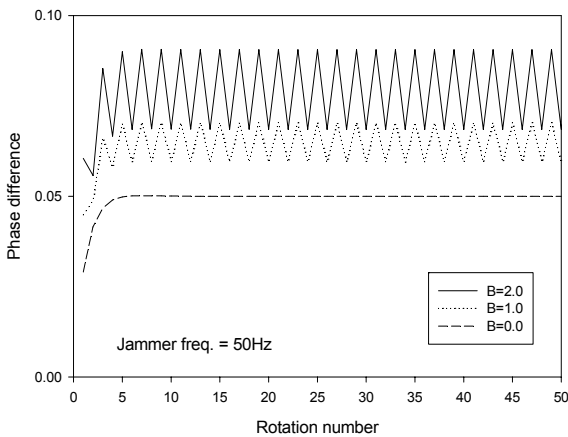
Fig. 8.  $\omega_j = \omega_m$ 이고 위상차가 다른 경우, 위상각과 재머신호의 강도  $B$ 에 따른  $\bar{\phi}$ 의 변화

는 재머신호의 강도  $B$ 에 비례함을 알 수 있다. 특히  $B=2$ 인 경우는 약  $180^\circ$ 에서  $270^\circ$  사이에서 추정위상차  $\bar{\phi}$ 가 음(-)의 값을 가지게 만든다.

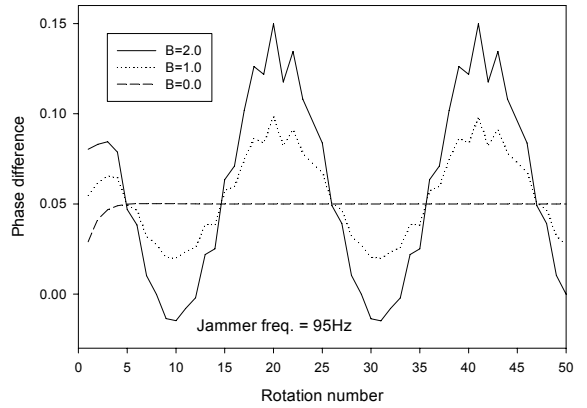
다. 재머주파수  $f_j$ 의 변화에 따른 영향

이 절에서는 재머주파수  $f_j$ 와 레티클주파수  $f_m$ 가 다른 경우의 위상차변화를 조사한다.  $f_m$ 은 100Hz로 고정시킨 상태에서  $f_j$ 은 Fig. 5(c)의 재머신호  $P_j(t)$ 와 동일한 형태를 가지면서 전체 주기를 조정하여 변화시켰다. Fig. 9는 재머주파수  $f_j$ 가 50Hz, 95Hz, 110Hz 및 150Hz일 때 각각의 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 변화를 나타내고, 이들의 평균(mean) 및 분산(variance)  $\sigma^2$ 은 Table 1과 같다. 레티클주파수  $f_m$ 와 재머주파수  $f_j$ 가 100Hz로 동일한 경우인 Fig. 7과 비교하였을 때,  $f_j$ 가 100Hz와 유사한 95Hz와 110Hz의 경우에는 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 변화가 크게 나타나며, 이는 미사일을 크게 요동치게 만든다는 것을 의미한다. 반면에  $f_j$ 가 100Hz와 차이가 많은 10Hz 및 150Hz의 경우에는 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 변화가 적게 나타남을 알 수 있다.

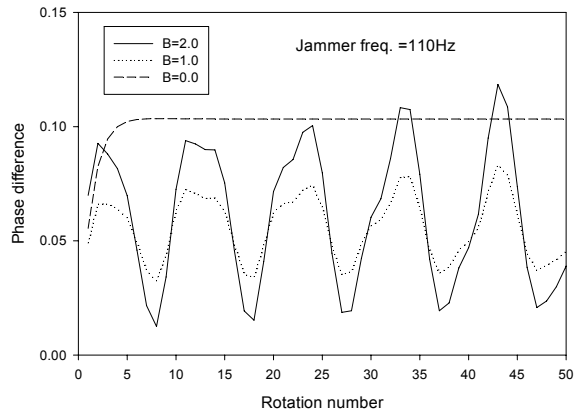
레티클주파수  $f_m$ 가 100Hz이므로 이를 중심으로 재머주파수  $f_j$ 를 10Hz부터 1kHz까지 변화시켰을 때 이들 주파수에 대한 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 평균과 분산을 계산한 결과는 Fig. 10과 Fig. 11에서와 같다. 재머주파수가 레티클주파수와 동일한 100Hz 부근에서 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 평균과 분산이 크게 변함을 알 수 있다. 100Hz의 고조파(harmonic frequency)에서도 이들의 변



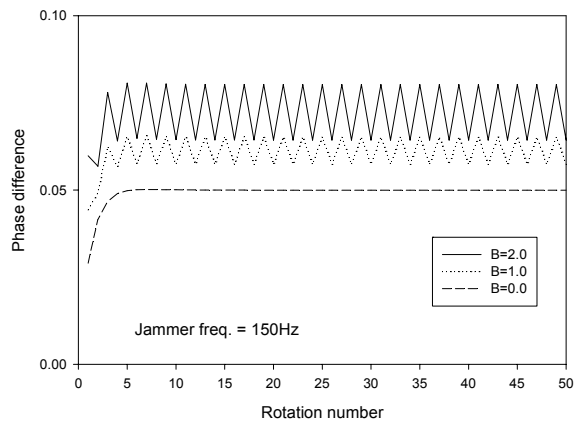
(a)  $f_j = 50\text{Hz}$



(b)  $f_j = 95\text{Hz}$



(c)  $f_j = 110\text{Hz}$



(d)  $f_j = 150\text{Hz}$

Fig. 9. 재머주파수  $f_j$ 가 (a) 50Hz, (b) 95Hz, (c) 110Hz 및 (d) 150Hz일 때  $\bar{\phi}$ 의 변화

Table 1. 재머주파수에 따른  $\bar{\phi}$ 의 평균 및 분산

Jammer freq. [Hz]	$B$	mean of $\bar{\phi}$	variance of $\bar{\phi}$
all freq.	0.0	0.04932	0.00000
50	1.0	0.06409	0.00004
	2.0	0.07853	0.00013
95	1.0	0.05499	0.00057
	2.0	0.05966	0.00257
100	1.0	0.10168	0.00005
	2.0	0.15420	0.00013
110	1.0	0.05585	0.00020
	2.0	0.06163	0.00092
150	1.0	0.06069	0.00002
	2.0	0.07174	0.00007

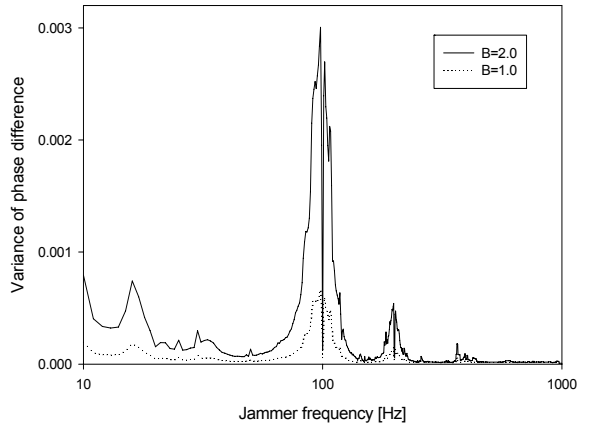


Fig. 11. 재머주파수  $f_j$  변화에 따른  $\bar{\phi}$ 의 분산

라. 재머신호의 캐리어주파수  $\omega_{cj}$  변화에 따른 영향  
 재머신호의 캐리어주파수  $\omega_{cj} = 2\pi f_{cj}$  변화에 따른 영향에 대해 조사하였다. 탐색기의 캐리어주파수  $f_c$ 는 1.2kHz이므로 재머신호의 캐리어 주파수  $f_{cj}$ 를 100Hz 부터 10kHz까지 변화시켰을 때에 대해 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 평균과 분산을 조사하였으며, 이의 결과는 Fig. 12와 Fig. 13에서와 같다. 재머신호의 캐리어주파수  $f_{cj}$ 가 1.2kHz 부근과 100Hz에서 200Hz 사이에서 평균과 분산이 상대적으로 크게 나타났다. 그러나 분산은 매우 작은 값이므로 위상차의 변화가 매우 작다는 것을 의미한다. 결과적으로 재머 캐리어주파수의 위상변화는 재밍효과에 큰 영향을 주지 못한다는 것을 알 수 있다.

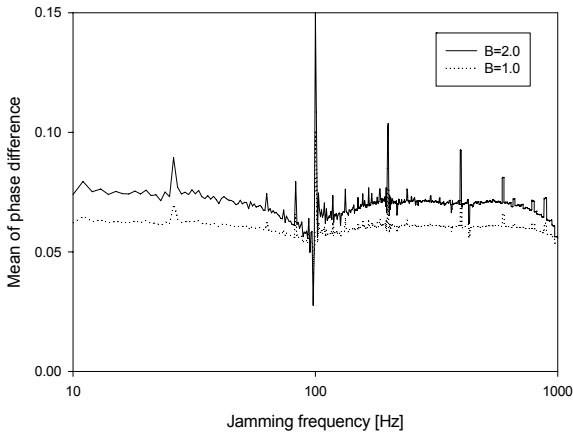


Fig. 10. 재머주파수  $f_j$  변화에 따른  $\bar{\phi}$ 의 평균

화가 발생하였다. 재머주파수  $f_j$ 가 더욱 증가할수록 평균은 재머신호가 없는 경우의 추정위상차인 0.05로 수렴하고 분산은 0으로 수렴하였다. 100Hz에서 분산이 작은 이유는 두 주파수의 위상이 서로 동일하기 때문이다. 결과적으로, 재머주파수  $f_j$ 가 레티클주파수  $f_m$ 와 유사할수록 재밍효과가 크다는 것을 알 수 있다.

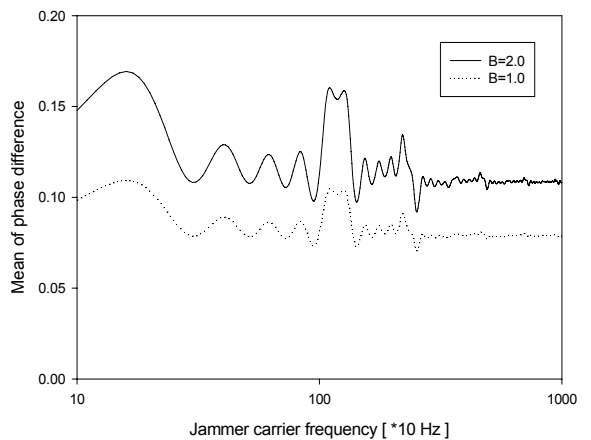


Fig. 12. 재머 캐리어주파수  $f_{cj}$ 에 따른  $\bar{\phi}$ 의 평균

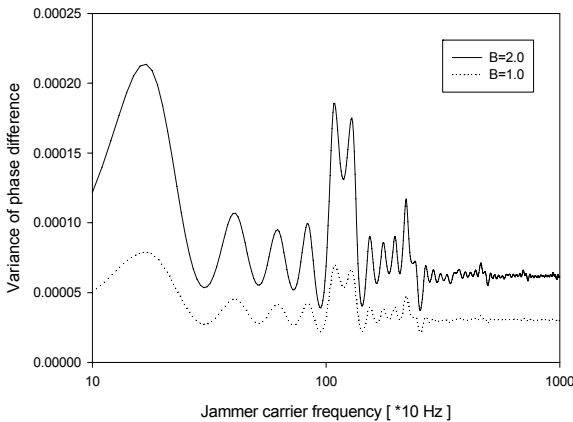


Fig. 13. 재머 캐리어주파수  $f_{cj}$ 에 따른  $\bar{\phi}$ 의 분산

#### 마. 재밍효과 고찰

이상에서 재머신호의 매개변수인 강도  $B$ , 위상차  $\varphi_j(t)$ , 재머주파수  $f_j$  및 캐리어주파수  $f_{cj}$ 의 변화에 따른 재밍효과를 시뮬레이션을 통해 조사하였다. 재머신호의 강도  $B$ 는 다른 모든 매개변수들에 영향을 주며 탐색기의 출력인 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 크기는  $B$ 에 비례적으로 나타났다. 재머주파수와 레티클주파수의 위상차  $\varphi_j(t)$  조사에서, 서로 동일한 주파수일지라도 위상이 다르면 추정위상차  $\bar{\phi}$ 의 크기 및 부호까지 변화될 수 있음을 확인하였다. 그리고 재머주파수  $f_j$ 는 재밍효과에 가장 큰 영향을 주며 레티클주파수와 유사할수록 그 효과가 더욱 크게 나타났다. 이는 탐색기의 신호처리과정에서 최종적으로 레티클주파수만을 대역통과시키기 때문이다. 따라서 레티클주파수와 다른 재머주파수에서는 재밍효과를 적게 가진다. 두 주파수가 동일하고 위상도 동일한 경우를 제외하고는 두 주파수가 가까울수록 재밍효과가 크게 나타났다. 그리고 재머신호의 캐리어주파수  $f_{cj}$ 의 변화는 재밍효과에 큰 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

본 연구에서는 스핀스캔 레티클 탐색기에 대응하기 위한 DIRCM의 재머신호에 대한 재밍효과를 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 재머신호의 강도, 재머주파수 및 위상차가 스핀스캔 탐색기에 영향을 줄을 확인

할 수 있었다. 특히 재머신호의 주파수가 가장 큰 영향을 주고 탐색기의 레티클주파수와 근사할수록 재밍효과가 높음을 확인하였다. 따라서 효과적인 DIRCM의 재머신호를 발생하기 위해서는 대응할 탐색기에 대한 주파수특성을 사전에 알아야 하는 과제를 가지고 있다.

## 후 기

이 논문은 국방과학연구소의 “개별기초연구”의 지원에 의한 연구결과임.(ADD-08-07-01)

이 논문은 2008년도 인제연구장학재단 교수연구년 지원에 의한 연구결과임.

## Reference

- [1] D. H. Titterton, “A Review of the Development of Optical Countermeasures”, Proc. of SPIE, Vol. 5615, 2004.
- [2] J. Heikell, “Electronic Warfare Self-Protection of Battlefield Helicopters : A Holistic View”, Helsinki University of Technology, Applied Electronics Laboratory Series E : Electronics Publications E18, Espoo 2005.
- [3] D. W. Fisher, R. F. Leftwich, and H. W. Yates, “Survey of Infrared Trackers”, Applied Optics, Vol. 5, No. 4, pp. 507~515, April, 1996.
- [4] R. G. Driggers, C. E. Halford, and G. D. Boreman, “Parameters of Spinning AM Reticles”, Applied Optics, Vol. 30, No. 19, pp. 2675~2684, July, 1991.
- [5] H-K Hong, S-H Han, and J-S Choi, “Simulation of the Spinning Concentric Annular Ring Reticle Seeker and an Efficient Counter Countermeasure”, Optical Engineering, Vol. 36, No. 11, pp. 3206~3211, Nov. 1997.
- [6] G. Olsson, “Simulation of Reticle Seekers by Means of an Image Processing System”, Optical Engineering, Vol. 33, No. 3, Mar. 1994.
- [7] M. R. Mosavi, M. Asadpour, and M. R. Farasat, “Design and Implementation of a New Infrared



Counter-Countermeasure Algorithm using Kalman Filter”, ICSP 2006 Proceedings, Vol. 1, pp. 16~20, 2006.

[8] David H. Pollock, “Countermeasure Systems, The Infrared & Electro-Optical Systems Handbook”, Vol. 7, SPIE Optical Engineering Press, 1993.