DBpia

論文 96-21-10-14

# Segmented Focal Plane Array를 이용한 개선된 레티클 탐색기

正會員 洪 顯 基*, 韓 成 鉉*, 崔 宗 秀*

# An Improved Reticle Seeker Using the Segmented Focal Plane Array

Hyun-Ki Hong*, Sung-Hyun Han*, Jong-Soo Choi* *Regular Members*

※본 연구는 서울대학교 자동제어특화연구센터의 지원으로 수행된 것 입니다.

요 약

레티클 탐색기는 표적의 적외선 입력 신호를 변조하여 표적의 상대적인 위치를 구한다. 고려한 표적의 크기보다 대상 표적이 큰 경우와 다수의 표적이 존재하는 경우 기존의 레티클 탐색기로는 표적의 위치 정보를 정확하게 얻을 수 없다. 이러한 loss of modulation depth의 문제점들을 해결하기 위해 본 논문에서는 segmented focal plane array(FPA)를 이용한 개선된 레티클 탐색기를 제안한다. 제안된 시스템은 레티클에 의해 변조된 입력 신호와 각 검출기의 차분(difference)을 이용함으로써 loss of modulation depth의 문제점을 해결하였다. 탐색기의 시계(field of view:FOV) 상에 큰 표적이나 다수의 표적이 존재하는 경우에 대한 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템의 장점을 확인하였다.

ABSTRACT

Reticle seekers temporally modulate target location onto the incoming spatial signal. When large or multiple targets are present in the FOV, however, it is hard to precisely modulate the incoming target signal by the reticle. To solve this loss of modulation depth problem, we present an improved reticle seeker using the segmented focal plane array(FPA). The new reticle system uses the normalized difference as well as the modulated signal of each detector output in the segmented FPA. In simulation, we have ascertained the proposed system can make an effective analysis and tracking for multiple or large targets.

*중앙대학교 전자공학과
論文番號:96108-0402
接受日字:1996年 4月 2日



www.dbpia.co.kr

## Ⅰ. 서 론

항공 요격 기술의 급격한 발전으로 고성능의 다양한 시스템들이 일부 선진국에서 개발되어 실용화 되고 있다. 특히 현대전에서 미사일과 같은 위협으로부터 자신을 보호하기 위한 표적의 대응능력(countermeasure)과 이러한 대응능력을 가지고 있는 표적을 명중시키기 위한 반대응능력(counter-countermeasure)에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이러한 연구는 탐색기(seeker)의 개선 및 새로운 신호처리 기법의 적용을 통해 실제의 상황 하에서 보다 효과적으로 표적을 추적하도록 하는 데 그 목적이 있다.

탐색기는 고려되는 시계 상에 존재하는 표적 신호를 수신하고 신호처리하여 표적의 상대적인 위치 정보나 속도 등을 탐지한다. 탐색기가 이용하는 표적의 신호는 다양하지만, 야간에도 추적이 가능한 표적의 열원(heat source)을 이용하는 방법이 널리 보급되어 있다. 이 중에서 단소자의 검출기(detector)를 이용하는 레티클(reticle) 시스템이 가장 대표적인 적외선 탐색기라고 할 수 있다.[1] 적외선 레티클 탐색기는 검출기 앞에 위치한 레티클을 이용하여 광학계에 의해 집속 수광 된 표적 신호를 변조하고, 변조된 신호로부터 표적의 상대적인 위치 정보를 추정한다. 레티클의 형태와 광학계의 구성에 의해 탐색기의 변조 방식이 결정되며, 결정된 방식에 따라 AM, FM, AM/FM, PWM 등으로 구분된다. 또한 레티클의 회전 여부에 따라 회전(spinning)과 고정(fixed) 레티클 시스템으로 분류할 수 있다.

적외선 레티클 탐색기의 장점은, 첫째 적은 개수의 적외선 검출기를 이용함으로써 H/W(hardware) 구성이 용이하고 가격이 저렴한 점, 둘째 표적 추적을 위한 신호 처리부가 간단하여 복잡한 회로 구성이 필요하지 않다는 점, 그리고 셋째 레티클이 공간 필터링(spatial filtering) 역할을 함으로써 점 표적(point target)에 비해 상대적으로 커다란 배경 물체의 신호를 제거할 수 있다는 점 등을 들 수 있다. 반면에 기존 적외선 레티클 탐색기의 문제점은, 첫째 다수의 표적이 존재할 때 원하는 표적의 추적이 어려운 점, 둘째 표적의 크기가 레티클의 공간 투과 함수(spatial transmission function)에서 고려된 크기 이상인 경우 정확한 표적 추적 신호 발생이 어렵다는 점, 그리고 셋째 표적이 대응능력으로 섬광탄(flare)을 이용할 때 이에 대해 매우 심각한 영향을 받는다는 점 등이다.

기존의 레티클 탐색기가 가지는 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재까지 많은 연구가 진행되고 있다. 최근에 제안된 레티클 탐색기 시스템은 J. S. Taylor 등이 제안한 이중(double) 레티클 탐색기[2]와 R. G. Driggers 등이 제안한 segmented FPA를 이용한 레티클 탐색기[3] 등이 있다. 그러나 이중 레티클 탐색기의 경우 전체 시계가 반으로 감소하는 단점을 지니고 있으며, segmented FPA 탐색기는 단소자의 제약을 해결할 수 있는데 반해, 추적 가능한 표적의 크기가 줄어드는 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 대상 표적에 대한 변조 결과에 따라 변조된 입력 신호와 각 검출기의 차분을 선택하여 이용하는 개선된 segmented FPA 탐색기를 제안한다.

서론에 이어, Ⅱ 장에서 기존의 레티클 탐색기를 살펴 보고, segmented FPA를 이용한 개선된 레티클 탐색기를 Ⅲ 장에서 제안하며, 기존 탐색기와 제안된 시스템의 시뮬레이션 결과를 Ⅳ 장에서 제시하고, 이러한 결과로부터 결론을 Ⅴ 장에서 맺었다.

## Ⅱ. 레티클 탐색기

레티클 시스템은 불필요한 배경 신호를 제거하면서, 표적에 대한 방향 정보를 제공하는 일종의 광학 변조기이다.[4] 따라서 레티클의 종류는 추적하고자 하는 대상 표적의 형태와 크기에 따라 결정된다. 그림 1은 레티클 탐색기의 일반적인 구성 회로이다. 표적의 입력 신호를 주파수 변조(frequency modulation : FM) 시키는 시스템은 AGC(automatic gain controller) 대신 리미터(limiter)를 사용할 수 있다. AGC는 강한 입력 신호에 따라 검출기 출력 신호가 포화(saturation)되지 않도록 정규화 시키는 역할을 한다.

추적기의 앞 부분에 위치한 광학계와 레티클의 상대적인 운동 방식에 의해 주파수 변조(FM)나 진폭변조(Amplitude Modulation : AM)된 신호는 통상의 FM이나 AM 복조 방식으로 표적의 위치 정보인 오차 신호를 얻는다. 그림 2는 광학계가 conical scan하며 고정 레티클을 이용하는 시스템의 복조 회로이다. 주파수 판별기(frequency discriminator)를 통과한 FM 신호는 AM 신호로 되며 이 신호를 포락선 검파(envel-



www.dbpia.co.kr

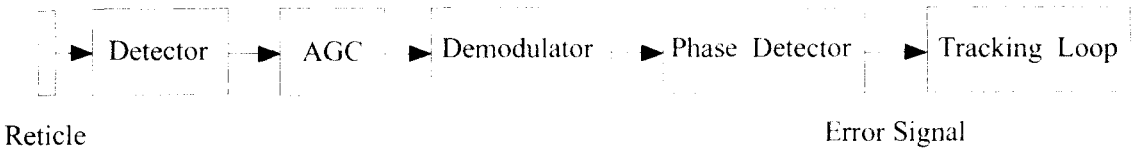



그림 1. 레티클 추적기의 구성 회로.
Fig. 1 Reticle tracker electronics.

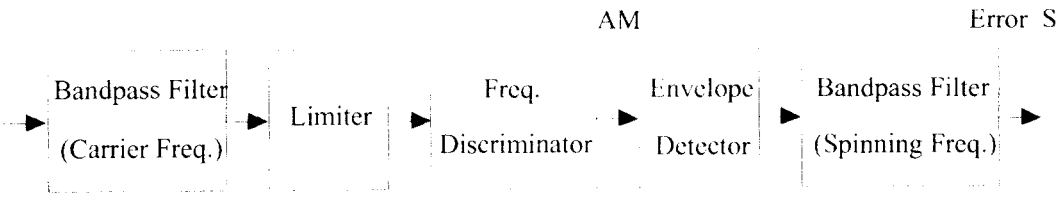



그림 2. 레티클 추적기의 복조 회로.
Fig. 2 Demodulation electronics of the fixed reticle tracker.

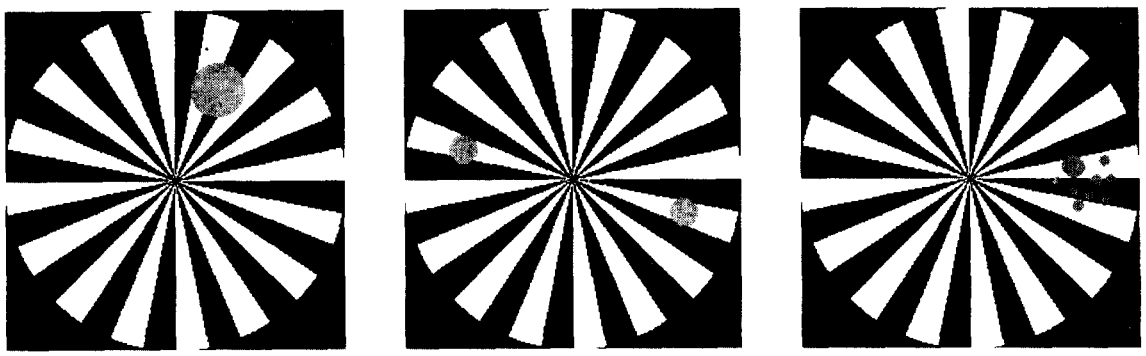



그림 3. Loss of modulation depth가 일어나는 경우;(a) 표적이 큰 경우, (b) 다수의 표적인 경우, (c) 표적이 대응능력(섬광탄)을 방출하는 경우.
Fig. 3 In case of loss of modulation depth;(a) A large target, (b) multiple targets, and (c) the target having countermeasures: flares.



www.dbpia.co.kr

ope detection)하고 광학계의 초당 회전 수에서 중심 주파수를 갖는 대역통과 필터(bandpass filter)를 통해 오차 신호를 얻는다. 이로부터 위상 정보를 얻기 위해 위상 검출기(phase detector)를 통과하여 최종 오차 신호를 얻을 수 있다.

Loss of modulation depth가 일어나는 경우를 그림 3에 보였다. 그림 3의 (a), (b)와 같이 탐색기의 시계 상에 다수의 표적 혹은 레티클의 차단 펄스에 비해 매우 큰 표적 이 존재하는 경우, 표적 신호를 정확하게 변조하기 어렵게 된다. 그림 3의 (a)와 (b) 경우를 해결하기 위해 J. S. Taylor 등은 같은 형태의 레티클을 고정과 회전 레티클로 동시에 이용하는 이중(double) FM 레티클 시스템을 제안하였다.[2] 이중 레티클 시스템은 기존 레티클 탐색기가 해석하기 힘든 크기의 표적에 대한 정확한 복조가 가능하다. 그러나 고정 레티클이 표적의 입력 신호를 언제나 차단하기 때문에, 전체 시계가 반으로 감소하는 단점을 가진다.

표적과 방출(ejection) 직후의 섬광탄을 그림 3의 (c)에 보였다. 일반적으로 섬광탄은 탐색기의 시계를 벗어나기 전에 표적의 방사량 이상의 적외선 에너지를 방출한다. 이와 같이 다수의 거짓 표적이 존재하는 경우 한 개의 검출기로는 표적을 정확하게 해석할 수 없다. 기존의 레티클 시스템이 단소자의 검출기를 사용함으로써 가지게 되는 제약을 해결하기 위해 R. G. Driggers 등은 FPA와 대칭형의 회전 FM 레티클을 이용하는 시스템을 제안하였다.[3] 기존의 시스템이 1번 회전하여 표적 위치 정보를 계산하는 데 비해 이 시스템은 사용된 검출기의 개수만큼의 출력 정보를 얻을 수 있다. 회전 FM 레티클은 일반적으로 주파수대 각도 함수 $f(\theta)$, 반경 $m(r)$, 그리고 위상 $\rho(r)$로 기술될 수 있으며, 여기서 $f(\theta)$는 표적의 각도 상 위치, $m(r)$은 반경 상의 위치 정보를 알 수 있는 변수이며, $\rho(r)$은 표적의 모양에 따라 표적 신호를 효과적으로 변조시키도록 레티클의 패턴을 조정하는 함수이다.[5] 제안된 시스템에서는 $f(\theta)$와 검출기의 wedge, $m(r)$과 ring에 따라 레티클의 공간 투과 함수를 결정하며 대상으로 하는 표적과 배경에 따라 wedge와 ring, 그리고 이 두 가지의 복합적인 형태를 선택할 수 있다. segmented FPA에서 이용되는 레티클과 검출기 형태를 그림 4에 나타내었다.

Segmented FPA를 이용한 레티클 탐색기는 다수의 적외선 검출기를 이용함으로써 다수의 표적과 대응능력에 대한 고려가 가능하다는 장점을 지닌 반면, 탐색기의 추적 가능한 최대 표적 크기는 기존 레티클 탐색기에 비해 감소하고 신호 처리부가 복잡해 진다는 단점을 가지고 있다.

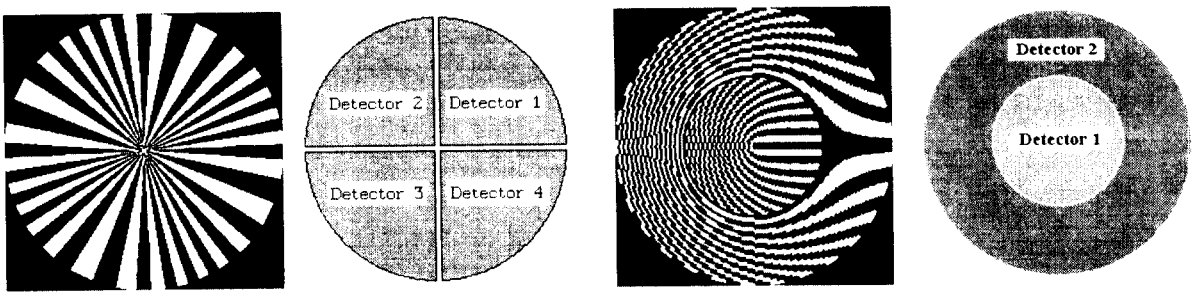



그림 4. (a), (b) $f(\theta)$의 레티클과 4 wedges 검출기, (c), (d) $m(r)$의 레티클과 2 rings 검출기.

Fig. 4 Frequency versus angle reticle with complementary focal planes: (a) reticle and (b) focal plane $\rho = 4$; Frequency versus radius reticle with complementary focal planes: (c) reticle and (d) focal plane for two-to-one mapping.



www.dbpia.co.kr

## Ⅲ. Segmented FPA를 이용한 개선된 레티클 탐색기

본 논문에서는 segmented FPA 레티클 탐색기의 문제점을 해결하기 위해 대상 표적에 대한 변조 결과에 따라 변조된 입력 신호와 각 검출기에서 얻어진 출력의 차분(difference)을 선택하여 이용하는 개선된 segmented FPA 탐색기를 제안한다. 그림 3과 같은 loss of modulation depth 상황 하에서 레티클만으로는 표적 신호를 정확하게 변조할 수 없으며, 신호에 대한 복조 결과도 실제 값과는 많은 오차를 보인다. 제안된 시스템은 레티클에 의해 표적 신호가 정확하게 변조되었는지를 확인하고, 변조가 제대로 이루어지지 않는 경우 각 검출기에서 얻어진 출력의 차분을 이용하여 표적을 추적한다. 각 검출기 상에 같은 레티클을 이용하는 기존의 segmented FPA 시스템과 같은 형태의 레티클이 이용되며, 고정 레티클인 경우 $f(\theta)$의 레티클과 wedge 형태의 검출기(그림 4의 (a)와 (b))를, 회전 레티클인 경우 $m(r)$의 레티클과 ring 형태의 검출기(그림 4. (c)와 (d))로 각각 구성된다.

제안된 레티클 시스템의 구성을 그림 5에 나타내었다. 그림 1의 기존 레티클 탐색기 구조와는 다르게 레티클에 의한 정확한 변조 여부를 판단하는 단(decision)과 복조부를 이용하지 않는 오차 검출부(error detection function)가 추가적으로 구성된다. 임의의 표적에 대한 레티클 탐색기의 검출기 출력 신호와 이 신호의 DC 성분을 제거한 FFT 결과를 그림 6에 나타내었다. 레티클의 차단 펄스의 개수와 회전 주파수에 따라 변조되는 표적 신호의 반송 주파수(carrier frequency)가 결정된다. 그림 6은 레티클의 펄스의 개수가 16개이고 이상적인 크기의 표적이 상대적인 오차를 가지고 있지 않을 때의 결과이다. 따라서 FFT한 결과를 살펴보면, 16 cycle/rotation에서 정확하게 최대치를 보임을 확인할 수 있다. 고정 레티클인 경우, 검출기 신호에 대해 FFT하고 잡음 성분을 고려하면서 주파수 성분의 최대치를 찾는다. 그리고 이를 레티클 시스템의 반송 주파수와 비교함으로써 대상 표적에 대해 변조가 정확하게 이루어 졌는지를 확인할 수 있다. 회전 레티클인 경우 $m(r)$의 레티클에 의해 표적 신호가 변조되기 때문에 표적의 위치에 따른 주된(dominant) 주파수 성분을 얻을 수 있다. 따라서 다수의 표적이 존재하는 경우 변조된 신호의 주파수 분포는 넓게 분포하며 주된 주파수 성분을 찾기 어렵다. 제안된 시스템에서는 고정 레티클인 경우 반송 주파수를, 그리고 회전 레티클인 경우 주파수 대역에서의 분포를 이용하여 변조된 신호의 정확성을 결정한다. 충분한 변조가 이루어지지 않은 경우, 복조 회로를 이용하지 않고 검출기 출력 신호의 차분을 통해 표적의 오차를 구한다.

표적 신호에 대한 차분을 해석하는 방법은 pulsed laser tracking system에서 이용되는 방법을 사용하였다.[6] 제안된 시스템은 각 검출기의 출력 신호에 대한 합(방법 1)과 출력 신호의 발생 회수(방법 2)를 계산하여 표적에 대한 elevation과 azimuth 오차를 추정하는 두 가지 형태로 나눌 수 있다. 식 (1)은 4 wedges 검출기를 이용한 시스템의 각 검출기에서 얻어진 출력

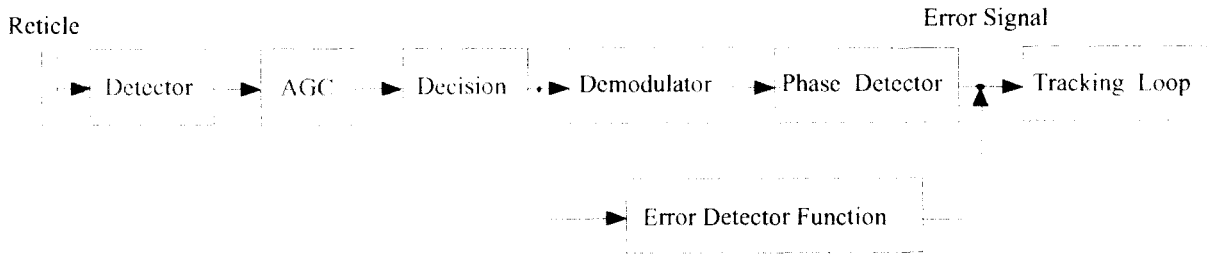
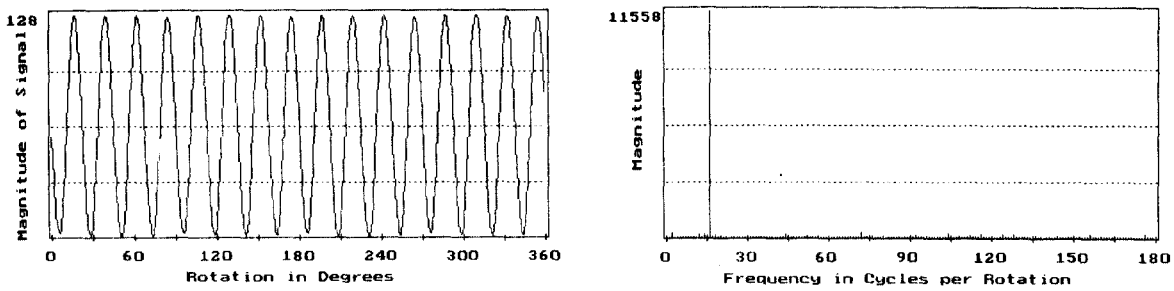



그림 5. 제안된 레티클 시스템의 구성.
Fig. 5 The proposed reticle electronics.



www.dbpia.co.kr




(a) (b)

그림 6. (a) 고정 레티클 탐색기의 검출기 출력 신호와 (b) FFT한 결과.

Fig. 6 (a) The detector output of the fixed reticle and (b) the FFT signal of (a).

신호와 이 신호로부터 정규화된 차분을 구하는 식이다. 식 (1)에서 $I_x$는 검출기 x의 출력을 의미한다.

$$\varepsilon_{el}=\frac{(I_1+I_2)-(I_3+I_4)}{I_1+I_2+I_3+I_4}\ ,\qquad \varepsilon_{az}=\frac{(I_1+I_4)-(I_2+I_3)}{I_1+I_2+I_3+I_4}\ . \tag{1}$$

고정 레티클 탐색기인 경우 표적 궤적의 중심을 레티클 중심에 일치하도록 하여(on boresight : 그림 4 (a), (b)) 표적을 추적하며, 회전 레티클인 경우 표적 궤적의 회전 반경을 좁게(그림 4 (c), (d))함으로써 표적을 추적할 수 있다.[7]

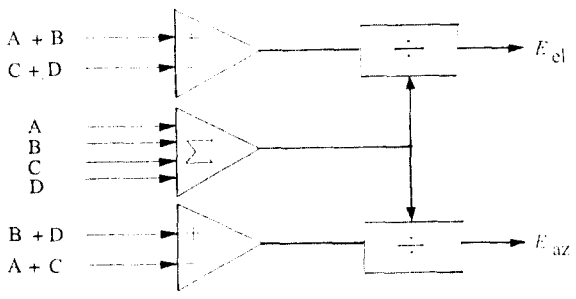



그림 7. 4 wedges 검출기 시스템의 신호처리부

Fig. 7 Signal processing of the system having 4 wedges detectors.

그림 7은 4 wedges 검출기 시스템의 신호처리부이다. 표적 신호에 대한 정규화와 각 오차 성분에서의 차분을 구하기 위해 제안된 시스템은 합산기와 비교기 그리고 정규화(normalization)단 등이 필요하다.[8] 개선된 레티클 탐색기는 기존 시스템에 비해 H/W가 복잡해 지는 단점이 있는 반면, 표적이 이용된 레티클의 차단 펄스에 비해 매우 큰 경우 그리고 보다 다양한 상황에 의해 표적 신호의 변조가 효과적으로 이루어지지 않은 loss of modulation depth 경우에서도 표적에 대한 해석이 가능하다는 장점을 가진다.

## Ⅳ. 개선된 레티클 탐색기의 시뮬레이션

기존 레티클 시스템으로는 정확하게 상대 위치 신호를 얻기 힘든 표적에 대하여 제안된 시스템을 이용한 시뮬레이션 결과를 통해 개선된 사항을 확인하였다. 레티클 영상은 반경이 120 화소(pixels)이고 전체는 240×240의 Wagon Wheel로 구성하였으며, 표적은 원형태로 Gaussian 함수로 근사화 된 PSF(point spread function)을 적용하였다.[6] 투과되는 부분의 화소는 1, 투과되지 않는 부분은 0이며, 대상 표적의 전체 투과량을 결정하기 위해 합을 구한다. 레티클의 일 회전마다 이러한 과정이 반복된다. 본 논문에서는 고정 레티클과 4 wedges 검출기를 이용하였으며, 표적 신호는 FM된다. 검출기의 출력 신호와 그림 2의 FM



www.dbpia.co.kr

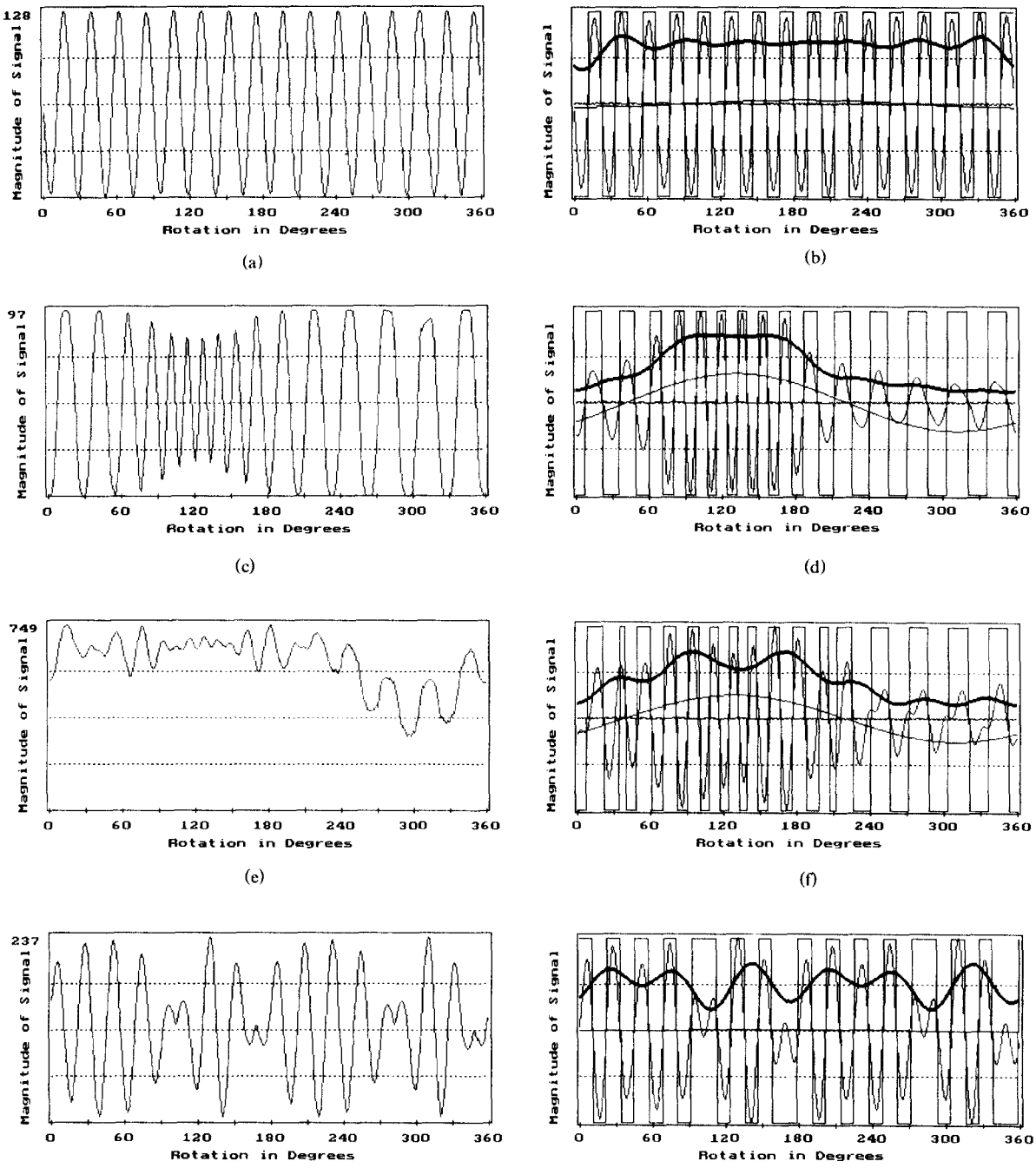



그림 8. 고정 레티클 탐색기의 시뮬레이션 결과. (a), (b) 표적의 중심이 레티클의 중심에 위치한 경우의 검출기 출력과 FM 복조 결과; (c), (d), (e), (f) 표적의 반경이 각각 5 pixels과 20 pixels이고 상대적인 오차를 가지는 경우의 검출기 출력과 FM 복조 결과; (g), (h) 시계 상에 다수의 표적이 존재하는 경우의 검출기 출력과 FM 복조 결과.

Fig. 8 The simulation results for the seeker of the fixed reticle and off-axis rotating mirror. In the case of the target being on boresight, (a) the detector output and (b) the results of FM demodulation; in the case of the target having some errors, (c), (d), (e), and (f) showed the results of the target size being 5 pixels and 20 pixels, respectively. In the case of multiple targets located in the FOV, (g) and (h) showed the detector output and the results of FM demodulation.



www.dbpia.co.kr

복조 과정에 의해 얻어진 각각의 결과 신호를 그래프로 나타내었다.

먼저 반지름이 5 화소인 표적의 탐색기의 중앙에 위치하는 경우의 검출기 출력 신호와 복조 결과를 그림 8의 (a)와 (b)에 보였다. 여기서 리미터에 의해 sign 함수가 발생되며, 주기적인 파형은 주파수 판별기에 의한 신호, 굵은 선은 필터링된 신호를 포락선 검파한 신호이며, 그 아래 부드러운 곡선이 최종 에러 신호이다. 표적의 오차가 없으므로 복조 과정에 의한 최종 결과는 거의 DC 값에 가깝게 된다. 또한 같은 크기의 표적이 azimuth 방향으로 −20, elevation 방향으로 +30의 오차를 가지는 경우, 오차에 비례하는 복조 결과를 얻을 수 있다(그림 8의 (c)와 (d)). 두 번째로 표적의 반경이 20 pixels로 사용된 레티클의 두개의 섹터(sector)보다 크며 같은 오차를 가지는 경우, 표적에 대한 정확한 복조가 이루어지기 어렵다(그림 8의 (e)와 (f)). 이 경우 4 wedges 검출기에 입력되는 각 표적 신호를 그림 9에 구분하여 나타내었다. 각 검출기에 입력되는 신호에서 loss of modulation depth problem을 확인할 수 있으며, 기존의 복조 방식으로는 정확한 표적 추적이 어렵다. 같은 경우에 대해 제안된 시스템을 이용하여 얻은 결과를 매 회전 당 계산된 오차로 그림 10의 (a)와 (b)에 보였다. 기존의 레티클 탐색기로는 해석하기 어려운 상황에서도 제안된 시스템을 이용하여 표적에 대한 효과적인 추적이 가능하다는 것을 시뮬레이션 결과로부터 확인하였다.

한 표적이 azimuth 방향으로 +10, elevation 방향으로 −10의 오차를 가지며, 다른 표적은 각각 −10, +10의 오차를 가지는 경우, 즉 두개의 표적이 서로 180 위상 차이를 가지는 경우 기존의 레티클 시스템에 의한 시뮬레이션 결과를 그림 8의 (g)와 (h)에 나타

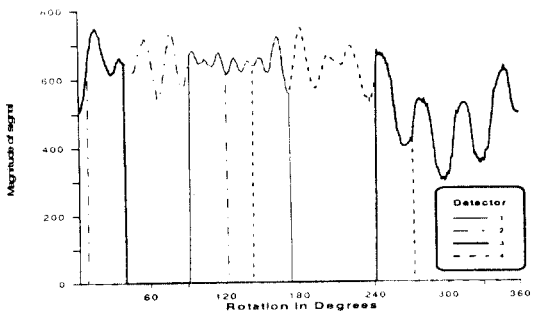
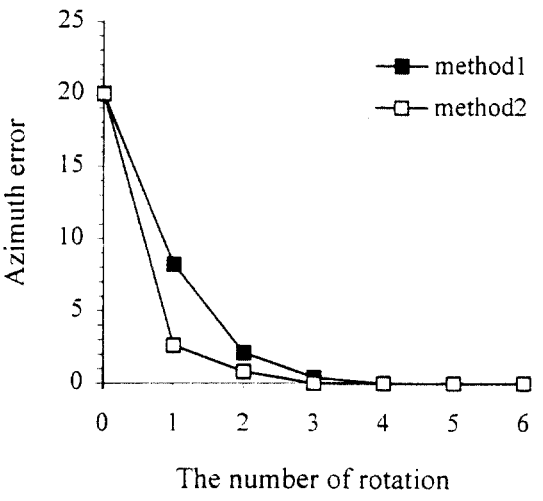
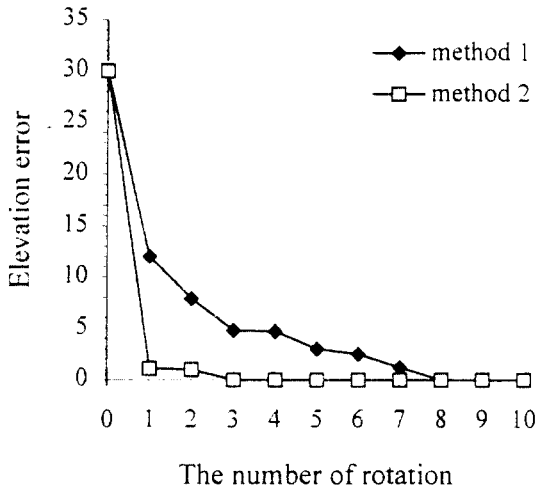



그림 9. 4 wedges 검출기에 입력된 그림 8(e)의 신호.
Fig. 9 The individual signals from each wedge detector in case Fig. 8 (e).




(a)




(b)

그림 10. (a) 매 회전마다 얻어진 elevation error, (b) 매 회전마다 얻어진 azimuth error.
Fig. 10 (a) The obtained elevation error per rotation and (b) The obtained azimuth error per rotation



www.dbpia.co.kr

내었다. 표적의 오차가 존재하지 않는 그림 8의 (a)와 (b) 경우와 마찬가지로 거의 DC 값에 가까운 결과를 보이며, 따라서 기존 시스템으로는 정확한 해석이 어렵다. 그러나 제안된 시스템은 segmented FPA를 이용하므로 탐색기의 시계 상에 다수의 표적이 존재하는 경우를 고려할 수 있으며, 섬광탄과 같은 대응능력에 대한 영향을 줄일 수 있다.[3]

## V. 결 론

본 논문에서는 기존 적외선 레티클 탐색기의 문제점을 개선하기 위해 segmented FPA를 이용한 개선된 탐색기를 제안하였다. 제안된 시스템은 대상 표적의 변조 결과에 따라 각 검출기의 복조 신호와 정규화된 차분 신호를 선택하여 이용한다. 개선된 레티클 탐색기는 신호처리부가 복잡해지는 단점을 지니는 대신, 기존 탐색기로는 해석하기 어려운 상황에 대해서도 추적이 가능하다는 것을 시뮬레이션 결과로부터 확인하였다. 이후 연구과제는 섬광탄과 같은 대응능력과 잡음 성분을 포함한 보다 다양한 상황에서의 시뮬레이션을 통해 제안된 시스템의 성능을 검증하고자 한다.

〈감사의 글〉

본 연구를 위해 지도와 도움을 아끼지 않으신 국방과학연구소 유인억 선임연구원께 진심으로 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

1. G. Olsson, "Simulation of reticle seekers by means of an image processing system," *Opt. Eng.*, vol. 33, no. 3, pp. 730-736, 1994.
2. James S. Taylor, Jr. and R. G. Driggers, "Tracking with two frequency-modulated reticles," *Opt. Eng.*, vol. 32, no. 5, pp. 1101-1104, 1993.
3. R. G. Driggers, C. E. Halford, and G. D. Boreman, "Marriage of frequency modulation reticles to focal plane arrays," *Opt. Eng.*, vol. 30, no. 10, pp. 1516-1521, 1991.
4. R. C. Hudson, *Infrared Systems Engineering*, John Wiley & Sons, N.Y., 1969.
5. R. G. Driggers, C. E. Halford, G. D. Boreman, D. Lattman, and K. F. Williams, "Parameters of spinning FM reticles," *Appl. Opt.*, vol. 30, no. 7, pp. 887-895, 1991.
6. K. Seyrafi and S. A. Hovanessian, *Introduction to electro-optical imaging and tracking systems*, Artech House, M.A., 1993.
7. J. J. May and M. E. Zee, "Electro-optic and infrared sensors", *Microwave Journal*, pp. 121-131, Sept., 1983.
8. L. Wolfe and J. Zissis, Eds., *The Infrared Handbook*, Environmental Research Institute of Michigan, Ann Arbor, MI., 1985.

**洪 顯 基**(Hyun-Ki Hong) 정회원
1968년 8월 2일생
1993년 2월 : 중앙대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 2월 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1995년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중
※주관심분야 : 적외선 신호처리, 컴퓨터 비전, 영상처리 등

**韓 成 鉉**(Sung-Hyun Han) 정회원
1968년 7월 26일생
1990년 2월 : 중앙대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1992년 2월 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1992년 3월~현재 : 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정 재학중
※주관심분야 : 영상처리 및 부호화, 광 변조, 적외선 신호처리 등

**崔 宗 秀**(Jong-Soo Choi) 정회원
1981년 9월~현재 : 중앙대학교 전자공학과 교수
제 21권 제 5호 참조



www.dbpia.co.kr