

고정 레티클 탐색기를 위한 적응적 디지털 신호처리 기법

정회원 오정수*, 두경수*, 한성현***, 서동선**, 최종수*

Adaptive Digital Signal Processing Scheme for a Fixed Reticle Seeker

JeongSu Oh*, KyungSoo Doo*, SungHyun Han***, DongSun Seo**, JongSoo Choi*

Regular Members

요 약

기존의 고정 레티클 탐색기에서는 레티클이 표적 위치에 따라 FM 신호뿐만 아니라 FM/AM 신호를 생성함에도 불구하고, 표적 위치를 추출하기 위한 신호처리가 FM 신호에 대해서만 최적화되는 제한된 성능을 갖는다. 본 논문에서는 기존 탐색기의 성능 개선을 위해 새로운 적응적 디지털 신호처리 기법을 제안한다. 제안된 신호처리 기법은 변조된 신호의 형태에 따라 신호처리기법이 결정되는 적응적 신호처리와 신호에 포함된 잡음의 양에 따라 클리핑 레벨이 결정되는 적응적 클리핑 레벨을 적용하고 있다. 제안된 기법이 적용된 탐색기의 신호처리 결과와 잡음 영향을 평가하였고, 기존 탐색기의 신호처리 결과들과 비교 분석하였다. 이 결과들에서 제안된 신호처리 기법은 선형영역을 FM/AM 영역에까지도 확장함으로써 기존 기법보다 훨씬 넓은 선형적인 영역을 제공하고, 잡음에 대해서도 강성한 특성을 보였다.

ABSTRACT

A conventional fixed reticle seeker has a performance limit since its signal processing to extract a target position is optimized only for FM signals, even if its reticle produces FM/AM signals as well as FM signals depending on the target position. We propose a novel adaptive digital signal processing scheme to improve the performance of the conventional fixed reticle seeker. The proposed scheme employs an adaptive signal processing which is determined by the modulation type of the produced signal and an adaptive clipping level which is determined according to the amount of noise in signal. Results of signal processing and effects of noise with and without the adaptive clipping level are estimated. They are compared with those of the conventional seeker. The results prove that the proposed scheme produces the much wider linear region than the conventional one by extending the linear region up to the FM/AM region, and shows robust characteristics against noise.

1. 서 론

적외선 추적 유도부기에 주로 이용되고 있는 레

티클 탐색기 (seeker)는 레티클을 이용하여 간단하게 배경잡음으로부터 적외선 표적 신호를 분리하고 변조하여 표적 추적용 가능하게 한다^[1-12]. 기존 레티클 탐색기들은 디지털 기술이 발전되기 전인 60~

* 중앙대학교 첨단영상전분대학원 영상공학과(jschoi@candy.ee.cau.ac.kr),

** 명지대학교 전자공학과

*** 인덕대학교 소프트웨어개발과

논문번호: 99194-0514, 접수일자: 1999년 5월 14일

※ 본 연구는 자동제어특화센터 및 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.

70년대 개발되었기 때문에 표적 추적을 위한 신호 처리에 아날로그 기술들이 적용되었다. 이에 따라 기존 탐색기는 고정된 신호처리 기술에 의한 한 종류의 변조신호에만 최적화되어 있고, 성능 개선을 위한 다양하고 적용적인 신호처리 기술들을 적용하지 못하고 있다. 이는 기존 탐색기들이 제한된 성능을 개선하기가 어려움을 의미한다. 현재의 앞선 디지털 기술은 레티클 탐색기에서 다양한 신호처리 기술들의 적용을 가능하게 한다. 이를 이용한 디지털 신호처리 기법은 기존 탐색기의 성능을 개선시킬 뿐만 아니라 표적 신호처리부들 단순화시킬 것이다.

본 논문에서는 웨곤휠(wagon wheel) 레티클을 사용한 고정 레티클 탐색기를 고려하고, 이 탐색기에 우리가 새롭게 제안한 적응적 디지털 신호처리 기법들을 적용한다. 입력되는 신호의 변조 상태에 따른 적응적 신호처리와 잡음의 포함 정도에 따른 리미터(limiter)의 적응적 클리핑 레벨(Adaptive Clipping Level, ACL) 등이 적용된다. 적응적 신호처리 기법은 매 주기마다 변조된 신호를 정적 이득 특성 곡선에서 선형적 특성을 나타내는 주파수 변조 신호와 비선형적 특성을 나타내는 주파수/진폭 변조(Frequency Modulation / Amplitude Modulation, FM/AM) 신호로 분류하여 각각에 적절한 신호처리 기법을 적용하는 것이다. 리미터의 ACL은 신호에 잡음이 포함된 정도에 따라 클리핑 레벨(Clippling Level, CL)을 변화시키는 것으로 시스템이 잡음에 대해 강건한 특성을 갖도록 한다. 또한 디지털 신호처리 기법을 사용하므로 일부 기능을 단순화시킬 수 있고, 하나의 칩으로 구성하는 것이 가능하다. 본 논문에서 다양한 표적의 위치와 크기에 따른 제안된 탐색기의 신호처리부의 블록별 출력 특성, 정적 이득 곡선, 잡음과 ACL의 영향에 대

한 시뮬레이션이 수행되었고, 이 시뮬레이션 결과들은 제안된 탐색기가 기존 탐색기보다 선형특성 및 잡음에 대한 강건성에서 우수함을 보여준다.

본 논문의 구성은 서론에 이어 II장에서는 웨곤휠 레티클을 사용한 고정 레티클 탐색기를 설명하고 기존 방식의 문제점을 제시한다. III장에서는 제안된 적응적 디지털 신호처리 기법과 시뮬레이션 방법을 설명하고, IV장에서는 시뮬레이션 결과들을 보여주고, 그 결과를 분석한다. 끝으로 V장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 웨곤휠 레티클을 사용한 기존 고정 레티클 탐색기

레티클 탐색기는 크게 회전 레티클 탐색기와 고정 레티클 탐색기로 분류된다^[1-5]. 회전 레티클 탐색기는 레티클의 회전에 의해 표적의 적외선 신호를 변조하는 방식이고, 고정 레티클 탐색기는 레티클이 고정되어 있고 광학계 회전에 의해 적외선 표적을 그림 1처럼 레티클 상에서 회전시켜 표적의 적외선 신호를 변조하는 방식이다. 회전 레티클 방식은 표적이 레티클 중심에 있을 때 표적 신호를 얻지 못하여 추적이 불안한 단점을 갖고 있어 거의 사용하지 않는다. 반면 고정 레티클 방식은 표적이 레티클 중심에 있어도 광학계가 원추형(conical)으로 회전하면서 표적 신호를 생성하기 때문에 안정된 추적이 가능해 많이 사용된다. 본 논문에서도 웨곤휠 레티클을 사용한 적외선 고정 레티클 탐색기를 사용한다.

그림 1은 본 논문에서 고려 대상으로 하는 웨곤휠 레티클 패턴과 광학계 회전에 의한 적외선 표적의 회전 경로이다. 레티클 패턴은 입사되는 적외선 에너지를 그대로 통과시키는 8개의 흰 스포크(spoke)와 적외선 에너지를 차단하는 8개의 검은 스포크가 그림 1처럼 교대로 놓여 구성된다^[4]. 일부 웨곤휠 레티클은 오차가 클 때 레티클 중심부에서 AM 신호를 얻기 위해 4개의 원을 추가하기도 한다^[2,3,6]. 그러나 본 논문에서는 제안된 신호처리부의 알고리즘을 고려하여 중심부에 원이 없는 웨곤휠 레티클을 사용한다. 적외선 표적은 실제 표적의 위치를 중심으로 일정 거리 떨어진 원주를 따라 통과 스포크와 차단 스포크를 지나가면서 변조된 신호를 만든다. 레티클의 크기는 반경 4 (300x300 화소)이고, 레티클 상에서 적외선 표적의 회전 주파수는 100Hz이고, 회전 반경은 레티클 크기의 2/3이다. 표

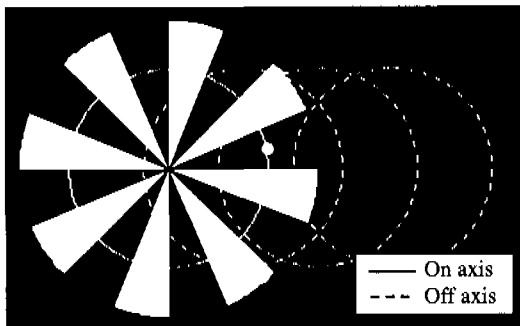


그림 1. 웨곤휠 레티클과 축상과 축밖의 적외선 표적의 회전 경로

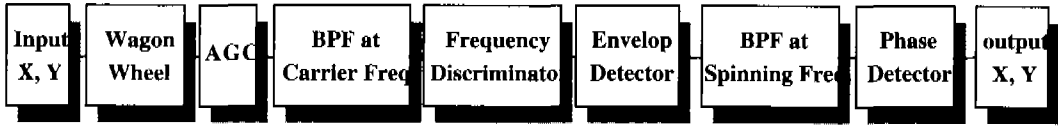


그림 2. 고정 레티클 탐색기를 위한 기존 신호처리 기법의 블록도

작은 변적을 갖는 점 (spot)으로 레티클에 대한 상대적인 크기로 나타낸다.

일반적으로 고정 레티클 탐색기에서 표적이 레티클 중심축 상에 있을 때는 레티클은 반송 주파수를 갖는 무변조된 신호를 만들고, 축 상에서 조금 벗어나 적외선 표적의 회전 경로가 레티클 상에 있을 때는 FM 신호를 만든다. 그러나 축 상에서 많이 벗어나 적외선 표적의 회전 경로가 레티클 상에서 벗어났을 때는 FM 신호와 AM 신호가 혼합된 FM/AM 신호를 만든다. 그러나 기존의 고정 레티클 탐색기는 변조된 신호가 표적의 위치에 따라 매우 다른 특징을 갖고 있는데도 불구하고 표적의 위치를 추출하기 위해 그림 2와 같이 모든 변조된 신호에 동일한 아날로그 신호처리법을 적용하고 있다. 이것은 시뮬레이션 결과에서 보여질 정적 이득 특성 곡선에서 표적이 레티클 중심 부근에 있을 때는 비교적 선형 특성을 보이지만 그 외의 영역에서는 표적의 크기와 형태에 따라 불규칙적인 특성을 갖는 성능 제한을 초래한다. 아날로그 방식을 사용하는 기존 탐색기에서 성능 개선을 위해 다양한 신호처리 기법은 적용하는 것은 다양한 회로구현이 요구될 뿐만 아니라 상황 판단에 의한 결정 능력이 요구되기 때문에 거의 불가능하다. 본 연구에서는 성능 개선을 위한 새로운 적응적 디지털 신호처리 기법을 이용한다.

III. 제안된 적응적 디지털 신호처리 기법

그림 3은 기존 고정 레티클 탐색기의 성능 개선

을 위해 제안된 탐색기의 적응적 디지털 신호처리 기법의 블록도이다. 제안된 신호처리 기법은 변조된 신호의 형태에 따라 FM 신호와 FM/AM 신호로 분류하여 서로 다른 신호처리 기법을 적용하고, 신호에 포함된 잡음의 양에 따라 리미터의 CL를 설정하는 적응적 디지털 신호처리 기법이다.

첫번째 입력 블록은 주어진 표적 위치이고, 마지막 출력 블록은 신호처리부에서 추출된 표적 위치이다. 웨곤휠 레티클 블록은 0.01초 주기로 적외선 표적 신호를 변조시켜 256개의 변조된 샘플 신호를 출력한다. 그리고 잡음 블록은 잡음의 영향을 평가하기 위해 추가된 블록이다.

전처리 블록은 변조된 신호를 대역 통과시켜 배경 및 기타 잡음을 제거하고, CL 교차 수에 의한 주기의 변조된 신호를 FM 신호와 FM/AM 신호로 분류한다. 표적이 레티클의 중심 부근에 있어 적외선 표적의 회전 경로가 레티클 상에 위치하면 변조된 신호의 CL 교차 수가 16인 FM 신호를 발생하고, 표적이 레티클 중심에서 떨어져 적외선 표적의 회전 경로가 레티클 영역을 벗어나면 변조 신호의 CL 교차 수가 16보다 작은 FM/AM 신호를 발생한다. CL 교차 수는 16보다 클 수 없으므로 CL 교차 수가 16보다 큰 경우는 잡음에 의한 영향이다. 또한 전처리 블록은 신호에 잡음이 포함될 정도에 따라 리미터의 CL을 설정한다. 잡음이 전혀 없을 때, 레티클에 의해 변조된 신호의 주파수 성분은 적외선 표적의 크기와 회전 경로에 의해 결정되는 임의의 주파수 이하에 대부분 분포될 것이다. 따라서

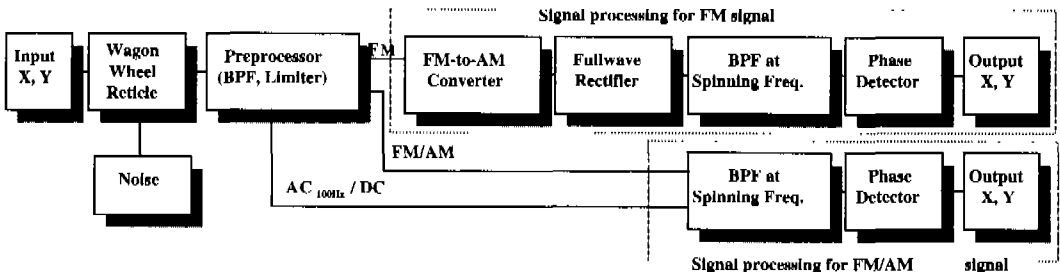


그림 3. 고정 레티클 탐색기를 위한 제안된 신호처리 기법의 블록도

이 주파수 이상의 성분은 잡음에 의한 것이며 신호에 포함된 잡음의 정도를 나타낸다. 표적 신호로 판단되는 최대 주파수 (f_{max})는 식 1과 같다.

$$f_{max} = f_{spin} \times N_s / (2 \times W_{min}) [Hz] \quad (1)$$

여기서 f_{spin} , W_{min} , N_s 는 레티클의 회전 주파수, 잡음으로 고려되는 최대 펄스폭, 한 주기 신호의 샘플 수를 각각 나타내고, 본 논문에서는 100, 5 및 256 값을 사용하고 있다. 이때 f_{max} 는 2560[Hz]이고 신호에 포함된 잡음의 양은 식 2와 같이 표현된다.

$$Noise = AC_{>f} / DC \quad (2)$$

여기서 $AC_{>f_{max}}$ 는 주파수 f_{max} 이상의 AC성분들의 합이다. 잡음에 대응하기 위한 CL의 값은 식 3과 같이 매 주기마다 계산된다.

$$CL = w \times X_{max} \times Noise \quad (3)$$

여기서 X_{max} , w 는 각각 변조된 신호의 최대값과 CL이 적절한 값이 되도록 조정하기 위한 가중치이다. 전처리 블록의 마지막 기능은 FM/AM 신호처리부를 위한 변조된 신호의 DC 성분과 100Hz의 AC성분 ($AC[100Hz]$)의 비율 계산한다.

FM 신호처리부는 기존 아날로그 방식과 유사한 과정을 디지털 방식으로 처리된다. FM-AM 변환은 펄스폭에 반비례한 값을 한 펄스동안 유지하고, 변환된 신호를 전파 정류시키고, 바로 포락선 검파 없이 대역통과 여파기와 위상 검출기로 오차를 발생시키는 것이 다르다. FM/AM 신호처리부는 전처리 블록에서 얻은 DC와 AC100Hz의 비율 이용해 오차를 발생시킨다. 표적의 위치가 FOV의 중심에서 점점 멀어져 표적의 회전 경로가 레티클의 일부만 지나치면 한 주기동안 레티클이 생성하는 펄스수와 펄스가 차지하는 영역은 줄어들고 어느 한계에 다다르면 하나의 펄스만 존재하게 된다. 이런 현상은 표적의 위치와 레티클의 회전 주파수 즉 변조 신호의 AC [100Hz]가 비례한 것을 나타낸다. 그림 4는 크기가 다른 4개의 표적에 대해 표적의 위치에 따른 왜곡된 레티클에 의한 변조된 신호의 AC [100Hz] / DC 값으로 이런 특성을 보여주고 있다. 표적 크기가 달라도 AC[100Hz]/DC 값은 표적의 위치에 근사적으로 비례한다. x 가 4이상에서 수렴하는 것은 위치 오차가 너무 크면 표적 크기에 상관없이 표적이 레티클의 일부만에 걸쳐 동일한 펄스

를 만들기 때문이다. 그래서 이 값을 대역통과 여파기와 위상 검출기를 통과시키면 실제 표적 위치에 근사한 값을 얻을 수 있다. 여기서 표적의 위치는 (0,0)에서 X방향으로 +0.1씩 이동하고, Y방향으로 +0.01989씩 이동한다. 그리고 식 2와 그림 4에서 DC로 나눈 것은 입력되는 신호 크기에 대해 영향을 받지 않기 위한 것이다.

위상 검출기는 한 주기의 $(1/2)\pi$, π , $(3/2)\pi$, 2π 에 해당하는 4지점의 신호 크기를 이용해 x , y 좌표를 구한다. 펄스 신호의 크기에 따라 x , y 에 곱해지는 가중치가 조절된다. 전처리 블록의 대역통과 필터는 2차 Butterworth 형태이고, 통과대역이 500~1400Hz이고, 위상 검출을 위한 대역통과 필터는 2차 Butterworth 형태이고, 통과대역이 95~105Hz이다. FM 신호처리부는 변조된 신호의 크기와 상관없이 리미트된 신호의 펄스폭 정보만으로 처리가 가능하고, FM/AM 신호처리부는 $AC[100Hz]/DC$ 값만으로 처리가 가능하다. 따라서 기존 방식의 AGC 블록은 필요 없다. 모든 시뮬레이션은 Matlab 5.2로 구현하였다.

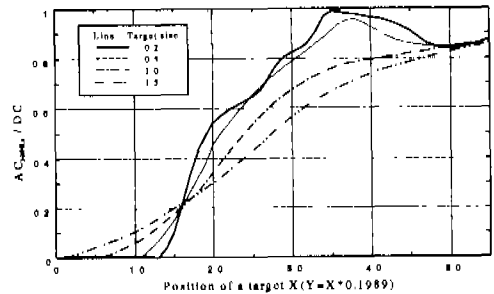
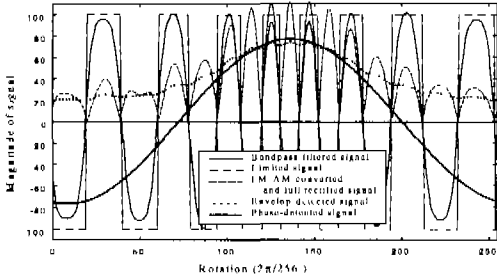


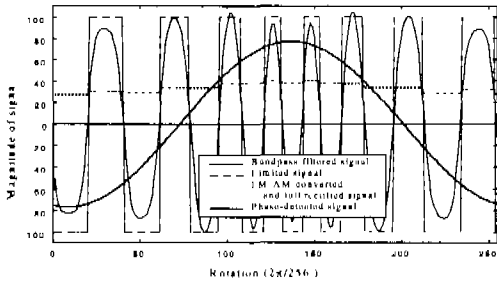
그림 4. 표적의 위치와 크기에 따른 AC[100Hz]/DC의 특성

IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

이 장에서는 본 논문에서 제안된 디지털 신호처리 기법과 기존 기법을 적용한 레티클 탐색기에 대해 표적의 위치와 크기에 따른 시뮬레이션 결과물 비교 분석한다. 시뮬레이션 결과는 입력된 표적의 위치에 대해 신호처리부에서 추출된 표적의 위치를 비교하거나, 주어진 위치와 추출된 위치간의 추출 오차를 RMS (Root Mean Square)로 나타낸다. 표적의 좌표 X , Y 는 레티클 중심을 (0, 0)으로 하고, 레티클의 우측을 + X , 위쪽을 + Y 방향으로 한다. 그리고 레티클의 크기가 4이므로 표적 좌표가 4이상인 경우는 표적이 레티클 영역을 벗어난 상태이다.

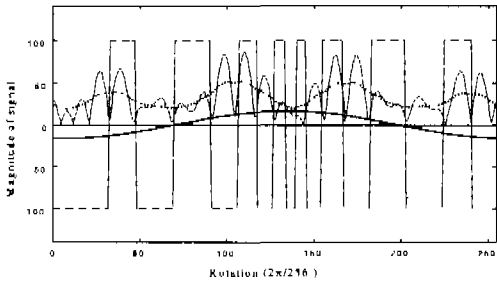


(a) 기존 방식

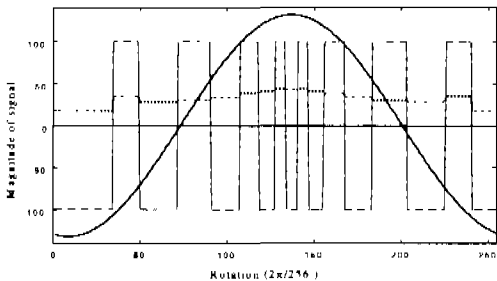


(b) 제안된 방식

그림 5. 중심 근처에 있는 표적에 대한 변조 신호의 복조 과정



(a) 기존 방식



(b) 제안된 방식

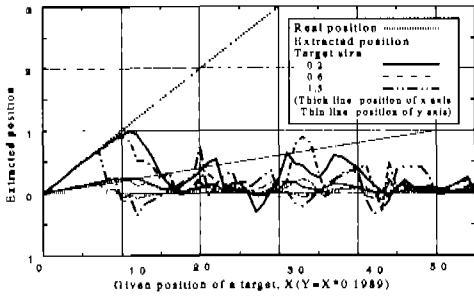
그림 6. 중심에서 멀리 떨어진 표적에 대한 변조 신호의 복조 과정

1 신호의 복조 결과

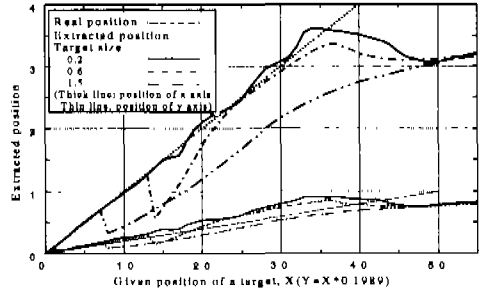
그림 5는 표적이 FOV의 중심 부근인 (0.9, 0.18)에 위치할 때, 변조된 신호를 복조하는 과정을 기존 방식과 제안된 방식을 비교하여 보여주고 있다. 그림에서 가는 실선은 반송파 통과필터 출력음, 일점 쇄선은 리미트된 신호를, 가는 점선은 FM-AM 변환 후 전파 정류된 신호를, 굵은 점선은 포락선 검파된 신호를, 굵은 실선은 복조된 신호를 각각 나타낸다. 제안된 방식에는 FM-AM 변환된 신호를 전파 정류시키는 것만으로도 포락선 검파 결과가 나타나고 있다. 그림 5와 같이 리미트된 구형파의 펄스폭이 적절하면 FM-AM 변환에서 두 방식 사이에는 차이가 없다. 그러나 표적의 위치가 중심에서 많이 벗어나서 크고 작은 펄스폭이 동시에 존재하는 경우, 기존 아날로그 방식에서는 이들을 위한 FM-AM 변환 필터 구성이 힘들지만 제안된 방식에서는 전혀 문제되지 않는다. 그림 6은 표적이 중심에서 많이 벗어나서 (1.6, 0.34)에 위치한 경우이다. 그림 (a)에서 가는 점선으로 표시된 FM-AM 변환기가 펄스폭이 매우 작은 신호는 제거시키고, 펄스폭이 매우 큰 신호는 왜곡시키는 것을 보이고, 그림 (b)에서 제안된 기법은 펄스폭의 영향을 받지 않는 것을 보여 주고 있다. 기존 방식에 의해 추출된 표적 위치는 (0.186, 0.036)으로서 실제 표적 위치와 크게 다르나, 제안된 방식에 의한 표적 위치는 (1.476, 0.36)으로서 표적의 위치를 근사적으로 추출하고 있다.

2. 정적 이득 특성 곡선

표적이 레티컬 상에서 임의의 축을 따라 위치할 때, 탐색기의 신호처리부에서 출력되는 표적의 위치를 나타내는 정적 이득 특성 곡선을 그림 7에 나타낸다. 여기서 굵은 선은 표적 위치의 X성분이고, 가는 선은 표적 위치의 Y성분이다. 그림에서 나타난 것처럼 기존 방식은 표적의 크기에 상관없이 표적이 중심 근처에 있을 때만 즉 변조 신호가 FM 신호일 때만 선형적 특성을 나타내고 있다. FM/AM 영역에서는 그림 6(b)에서 보여 주는 영향으로 비선형적인 특성을 나타낸다. 그러나 본 논문에서 제안된 탐색기는 기존 방식보다 선형 구간이 매우 넓고, FM/AM 신호가 발생하는 경우에도 표적의 크기에 따라 정도의 차이는 있지만 비교적 선형적인 특성을 유지하고 있어 큰 표적에 대해서도 추적이 가능한 것을 보여 주고 있다.



(a) 기존 방식



(b) 제안된 방식

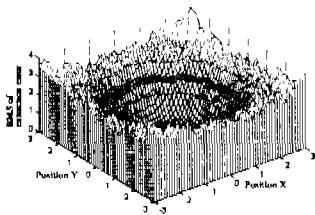
그림 7. 정적 이동 특성 곡선의 비교

그림 8, 9는 주어진 표적 위치와 각 방식에서 얻은 표적 위치간의 추출 오차를 표적 위치에 대한 2차원 평면상에서 RMS 값으로 나타내고 있다. 기존 방식은 앞에서 설명한 것처럼 표적의 위치와 크기에 관계없이 FM/AM 변조 신호에서 추출 오차의 RMS 값이 매우 크게 나타난다. 그러나 제안된 방식은 표적의 위치와 크기에 따라 다소 성능 차이만을 보이지만 기존 방식보다 추출 오차의 RMS 값이 매우 작다. 여기서 표적의 크기에 따른 성능 차이는 표적이 커지면서 표적이 동시에 여러 스포크에 걸쳐 정상적으로 변조된 신호를 생성하지 못해 발생한다. 표적의 위치에 따라 성능 차이를 보이는 것은 표적이 중심에서 벗어난 정도뿐만 아니라 표적의 각도상의 위치에 따라라도 변조된 신호의 특성이

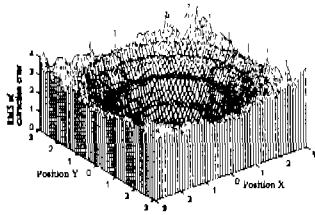
달라지기 때문에 발생한다. 표적이 차단 스포크의 중심에 있을 때는 변조 신호의 위상이 유지되어 이상적으로 표적의 위치를 추출하고 있으나, 차단 스포크와 통과 스포크 경계에 있을 때는 위상이 변해 추출 성능이 다소 떨어진다. 그림 9는 이런 영향을 표적의 크기에 따라 보여주고 있다.

3. 잡음에 대한 영향

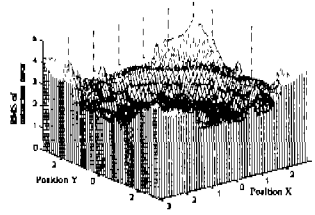
제안된 신호처리 기법의 잡음 영향을 분석하기 위하여 신호대 잡음비 (Signal to Noise Ratio, SNR) 가 1, 5, 10 (잡음이 없을 때) dB 일 때 시뮬레이션 결과를 그림 10에 나타내고 있다. 그림 10(a)는 제안된 리미터의 ACL을 적용하지 않을 때 잡음의 영향을 보여주고 있다. FM 영역에서는 대역 통과된



(a) Target size = 0.2

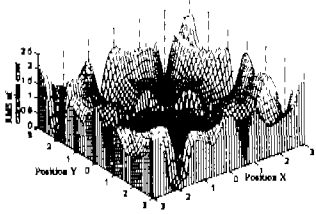


(b) Target size = 0.6

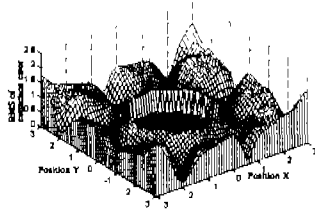


(c) Target size = 1.5

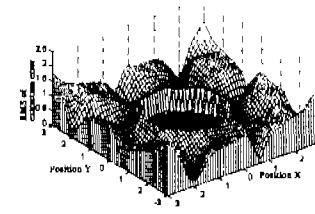
그림 8. 기존 신호처리 기법에 의한 추출된 표적 위치의 RMS 오차



(a) Target size = 0.2

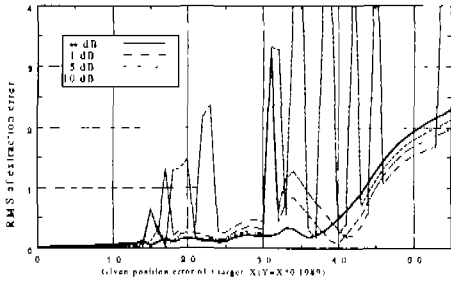


(b) Target size = 0.6

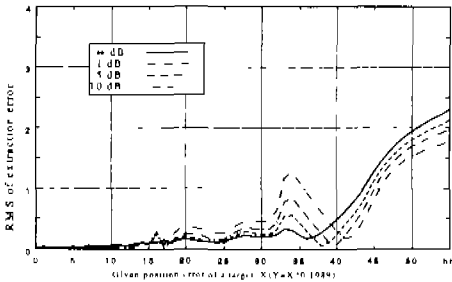


(c) Target size = 1.5

그림 9. 제안된 신호처리 기법에 의한 추출된 표적 위치의 RMS 오차

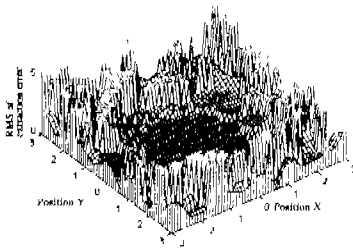


(a) without ACL

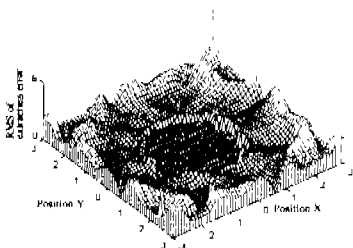


(b) with ACL

그림 10. 다양한 잡음 준위에서 표적 위치의 RMS 오차



(a) without ACL



(b) with ACL

그림 11. 1dB 잡음에서 2차원 추출 오차의 RMS

변조 신호의 음과 양의 레벨의 중심에 CL이 위치해 잡음의 영향을 전혀 받지 않으나 FM/AM 영역에서는 변조 신호의 일부 영역에만 펄스가 존재하므로 대역폭과 변조의 음의 레벨이 CL 부근에 존재해 잡음이 증가하면 큰 영향을 받는다. 특히 추출 오차의 RMS 값이 큰 것은 잡음에 의해 FM/AM 신호를 FM 신호로 잘못 판단했기 때문이다. 그림 10(b)은 ACL을 적용할 때 잡음의 영향이 거의 제거되는 것을 보여주고 있다. 그림 11은 입력 신호의 SNR이 1dB에서 ACL을 적용하지 않을 때와 적용할 때의 추출 오차의 RMS 값을 2차원 평면상에서 비교하고 있다. 이 결과들은 제안된 방식이 잡음에 매우 강건함을 보여 준다.

V. 결론

기존 레더클 탐색기의 신호처리기법은 이상적인 FM 신호 부조에만 최적화되어 있어서 중심 근처에 있는 표적에 대해서만 선형적인 표적 위치 정보를 제공하는 제한된 성능을 보인다. 본 논문에서는 기존 고정 레더클 탐색기의 성능을 개선하기 위해 새로운 디지털 신호처리 기법을 제안하였다. 제안된 방식은 전처리된 거친 변조된 신호의 형태에 따라 FM 신호와 FM/AM 신호로 분리하여 각각 서로 다른 최적화된 신호처리 방법을 적용하고 신호에 포함된 잡음의 양에 따라 적응적인 CL을 설정하는 것이다. 제안된 기법의 성능을 검토하기 위해 표적의 위치와 크기 및 잡음의 포함 정도에 따른 정적 이득 특성 곡선 및 표적 위치의 추출 오차를 보였고, 이들을 기존 탐색기와 비교 분석하였다. 이들 결과에서 제안된 신호처리 기법은 선형영역을 FM/AM 영역에까지도 확장함으로써 기존 기법보다 훨씬 넓은 선형적인 영역을 제공하고, 크게 줄어든 표적 위치에 대한 오차 값을 보였으며, 잡음에 대해서도 강건한 특성을 보였다.

본 논문에서는 대상 표적을 단순한 원으로 가정하였으나, 본 연구 결과는 차후 표적 모델링에 의한 근사 표적에 대한 탐색기의 성능 분석 및 탐색기의 반대용 능력 개발을 위한 기초로 활용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] D. H. Pollock, Countermeasure System, Vol. 7 of The Infrared & Electro-Optical Systems Handbook, J. S. Accetta and D. L. Shumaker,

Eds., pp.235-286, SPIE Optical Engineering Press, Bellingham, WA(1993).

[2] 한성현, 홍현기, 최종수, 적외선 레티클 탐색기 외 동적 시뮬레이션 및 효율적인 반대용 알고리즘, 한국통신학회 논문지, 제21권, 제12호, pp. 3165-3173, 1996년 12월.

[3] J. J. May and M. E. Van Zee, *Electro-Optic and Infrared Sensors*, *Microwave Journal*, pp. 121-131, Sept. 1983.

[4] D. W. Fisher, R. F. Leftwich, and H. W. Yates, *Survey of Infrared Trackers*, *Appl. Opt.*, vol. 5, no. 4, pp. 507-515, Apr. 1966.

[5] R. C. hudson, *Optical Modulation*, chap.6 in *Infrared systems Engineering*, pp.235-263, John Wiley & sons, N.Y., 1969.

[6] Sung-Hyun Han, Hyun-Ki Hong, Jong-soo Choi, *Dynamic Simulation of Infrared Reticle Seekers and an Efficient Counter-countermeasure Algorithm*, *Opt. Eng.*, Vol. 36, no. 3, pp.2341-2345, Aug., 1997.

[7] T. B. Buttweiler, *Optimum Modulation Characteristics for Amplitude-modulated and Frequency-modulated Infrared System*, *J. Opt. Soc. Am.*, vol. 51, no. 9, pp. 1011-1015, Sept. 1961.

[8] R. Carpenter, *Comparison of AM and FM Reticle Systems*, *Appl. Opt.*, vol. 2, no. 3, 229-236, Mar. 1963.

[9] S. Craubner, *Digital Simulation of Reticle systems*, *Opt. Eng.*, vol. 20, no. 4, pp. 608-615, Apr. 1981.

[10] G. Olsson, *simulation of Reticle Seekers by Means of an Image Processing System*, *Opt. Eng.*, vol. 33, no. 3, pp. 730-736, Mar. 1994.

[11] Z. W. Chao and J.L. Chu, *Parameter Analysis for Frequency-modulation Reticle Design*, *Opt. Eng.*, vol. 27, no. 6 pp.443-451, June 1988.

[12] J. S. Accetta Eds., *The Infrared & Electro-Optical Systems Handbook*, SPIE press, 1993

오 집 수 (Jeong-Su Oh) 정회원
 1990년 2월: 중앙대학교 전자공학과 졸업
 1992년 8월: 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업
 (공학 석사)
 1993년 7월~1997년 1월: 신도리코 기술연구소

1998년 3월~현재: 중앙대학교 대학원 박사과정 재학 중
 <주관심 분야> 적외선 신호 처리, 영상 신호 처리, 영상 신호 압축, 등

두 경 수(Kyung-Soo Doo) 정회원
 1989년 2월: 중앙대학교 전자공학과 졸업
 1991년 2월: 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업
 (공학석사)
 1996년~1998년: 한국 컴퓨터 프로그램 보호회 연구위원
 1998년 2월~현재: 중앙대학교 대학원 전자공학과 박사과정
 <주관심 분야> 적외선 신호처리, 영상 신호처리 등.

한 성 현(Sung-Hyun Han) 정회원
 1990년 2월: 중앙대학교 전자공학과 졸업
 1992년 2월: 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업
 (공학석사)
 1998년 2월: 중앙대학교 대학원 전자공학과 졸업
 (공학박사)
 1998년 3월~현재: 인덕대학 소프트웨어개발과 전임강사
 <주관심 분야> 멀티미디어, 영상 및 신호처리

서 동 선(Dong-Sun Seo) 정회원
 한국통신학회논문지 제24권 8B호 참조

최 종 수(Jong-Soo Choi) 정회원
 한국통신학회논문지 제24권 8B호 참조