

論文2000-37SP-11-7

대역간 신호비를 이용한 two-color 신호처리 알고리즘

(A Two-color Signal Processing Algorithm Using the Ratio between Two Band Signals)

吳正秀*, 杜炅秀*, 張聖甲*, 徐東善**, 崔宗秀*
(Jeong-Su Oh, Kyoung-Soo Doo, Surng-Gabb Jahng, Dong-Sun Seo,
and Jong-Soo Choi)

요 약

본 논문은 표적 추적 시스템의 시계 안에 배경잡음과 대응능력 같은 방해물들이 존재하는 복잡한 상황에서 효율적인 표적 추적을 위한 two-color 신호처리 알고리즘에 대한 연구이다. 효율적인 표적 추적을 위해 두개의 검출 대역이 사용되고, 표적과 방해 신호들의 스펙트럼 분포 특성을 나타내는 대역간 신호비가 정의된다. 제안된 알고리즘은 방해물의 신호비를 검출하고 이를 이용해 표적과 방해 신호들이 혼합된 신호에서 표적 신호만을 추출한다. 이 알고리즘은 성능 평가를 위해 로켓 주사 탐색기에 적용되어 다양한 조건에서 모의실험이 수행된다. 모의실험 결과는 제안된 알고리즘이 표적과 방해 신호들이 혼합된 신호에서 표적 신호만을 잘 추출하는 것을 보여준다. 제안된 알고리즘은 구성이 단순하고 주변 환경 변화에 적용할 수 있어 실제 시스템에 적용할 수 있다.

Abstract

In this paper we propose a new two-color signal processing algorithm for efficient target tracking under complicated condition including interferences such as background noises and countermeasures. For the efficient target tracking, we adopt two detection bands, and define the ratio between two band signals which represents the spectral distribution characteristics of a target or interference. The proposed algorithm detects the ratio of interference, and extracts only the target signal from the target and the interference mixed signal by using it. To evaluate the performance of the proposed algorithm, we apply it to a rosette tracker and perform various simulations. The simulation results show that the proposed algorithm extracts the target signal from the mixed signal well. The proposed algorithm is also ready to be applied to a real system since it is simple and adaptive for environment change.

* 正會員, 中央大學校 尖端映像專門大學院 映像工學科
(Dept. of Image Engineering, Graduate School of Advanced Imaging Science, Multimedia, and Film, Chung-Ang University)

** 正會員, 明知大學校 電子工學科
(Dept. of Electronic Engineering, Myong-Ji University)

※ 본 연구는 국방과학연구소 및 서울대학교 자동제어
특화연구센터와 교육부 BK21사업의 지원에 의한
결과입니다.

接受日字:2000年2月15日, 수정완료일:2000年7月26日

I. 서 론

적외선 표적 추적 시스템^[1-4]은 표적에서 방사하는 적외선 에너지를 수신하고, 그로부터 표적의 위치 정보를 추출해 표적 추적을 수행한다. 따라서 추적 시스템에 입사하는 표적의 적외선 에너지는 표적 추적에 있어 매우 중요한 요소이다. 만약 표적 추적 시스템의 시계 (field of view, FOV) 안에 표적 보다 더 강한 적외선 에너지를 갖는 태양광에 의한 배경잡음, 대응능력 등의 표적 추적 방해물이 존재하면, 입사하는 적외선은 표적과 방해물의 적외선이 혼합된 것으로 표적

추적을 어렵게 한다^[5,6]. 그러나 모든 물체의 적외선 방사 스펙트럼 분포가 온도에 따라 구분되는 특성을 이용하면, 제한적이지만 표적 신호만을 효율적으로 분리할 수 있고, 이로부터 시스템의 추적 성능을 향상시킬 수 있다.

Two-color 표적 추적 시스템^[2, 6, 8]은 표적과 방해물의 신호가 혼합된 신호에서 각각의 스펙트럼 분포 특성을 이용해 표적 신호를 효율적으로 분리하기 위해 두개의 대역을 사용하는 것이다. 한 대역은 표적 신호를 검출하기 위한 대역이고, 다른 한 대역은 대응능력 같은 방해 신호를 검출하거나 신호를 분리하기 위한 대역이다. 본 논문에서 이들을 각각 M대역과 N대역이라 한다. Carrier Suppression, Coded Pulse Filter, Two-Color Cancellation, Two-Color Ratio Discrimination 등이 two-color 표적 추적 시스템을 위한 신호처리 알고리즘이다^[8]. 그러나 이들은 제한된 조건에서만 정상적인 동작 특성을 보이고 있어, 복잡하고 시시각각 변하는 실제 상황에서 추적 시스템의 성능을 떨어뜨릴 것이다. 따라서 본 논문에서는 실제 상황에서 적용이 가능한 two-color 신호처리 알고리즘을 제안한다. 제안된 two-color 신호처리 알고리즘은 스펙트럼 분포 특성을 나타내는 대역간 신호비 (ratio of M band signal to N band signal, MNR)을 먼저 정의하고, 입사하는 두 대역 신호에서 방해 신호의 MNR을 추출하여 이를 N대역 신호에 곱해 M대역 신호에서 빼내어 표적 신호만을 분리한다. 이처럼 제안된 알고리즘은 입사하는 신호에서 MNR을 계산하므로 기존 알고리즘과 달리 주변 환경의 변화에 적응할 수 있고 그 구성이 단순히 실제 시스템에 적용할 수 있다.

제안된 알고리즘은 성능 평가를 위해 로켓 주사 탐색기에 적용되어 다양한 조건에서 모의실험이 수행된다. 그 결과들은 제안된 알고리즘이 표적과 방해물의 신호가 혼합된 신호에서 표적 신호만을 잘 추출하는 것은 보여준다.

II. Two-color 신호처리 알고리즘

Two-color 신호처리 알고리즘은 두 검출 대역을 사용하고, 신호들의 스펙트럼 분포 특성을 이용하여 M대역에서 방해 신호를 억제하거나 제거하고 있다. Carrier Suppression, Coded Pulse Filter, Two-

Color Cancellation, Two-Color Ratio Discrimination 등이 two-color 신호처리 알고리즘의 예이다. Carrier Suppression^[2,8]은 레티클 (reticle)의 투명과 불투명 영역을 각각 광학계 필터로 대체하는 방식으로 필터의 대역 투과율을 두 대역의 방해 신호 크기가 같도록 선택하여 방해 신호를 DC 신호로 만든다. DC 성분은 간단한 필터로 쉽게 제거할 수 있다. 그러나 이 알고리즘은 한 종류의 방해물을 제거하기 위한 것이고, 여기에 주변 환경 또는 시스템 환경의 변화에 의해 대기 투과율이 변하면 두 대역의 방해 신호 크기가 달라지고 방해 신호의 제거가 어려워지는 문제점을 갖는다. Coded Pulse Filter^[8]는 표적 신호와 방해 신호를 분리하기 위해 광학 필터와 신호처리를 이용하는 알고리즘으로 스캔 방향에 따라 N대역, M대역, N대역 검출기를 연속으로 결합하여 검출기들이 신호들을 판별할 수 있는 펄스를 생성한다. 이 펄스들에 적절한 신호처리를 적용하여 표적 신호와 방해 신호를 분리한다. 그러나 대응능력 같은 방해물은 표적 검출을 위한 M대역에서 표적 검출에 혼란을 주기 위해 만들어져 있기 때문에 M대역에서 표적 이상의 신호가 출력되어 신호 분리가 어렵게 된다.

Two-Color Cancellation^[8]은 두 대역의 신호를 받아 페루프 회로를 이용해 신호를 분리하는 알고리즘이다. N대역의 방해 신호를 M대역의 방해 신호의 크기와 일치하도록 페루프 회로의 이득을 조정하면서 M대역 신호에서 N대역 신호를 빼면 M대역의 방해 신호를 제거한다. 이 알고리즘의 정상적인 신호 분리를 위해서는 표적 신호와 방해 신호가 겹쳐서는 안되고, N대역에서는 반드시 방해 신호만 존재해야 한다. 그러나 그림 1처럼 대부분의 대역에서 두 신호가 겹쳐 있어 이런 이상적인 조건의 발생은 어렵다.

Two-Color Ratio Discrimination^[8]은 두 대역사이 신호비를 이용해 신호를 분리하는 알고리즘이다. 이 알고리즘은 스캔 패턴을 따라 이동하면서 두 대역 사이 신호비를 계산하여 문턱치보다 크면 표적 영역으로 신호를 출력하고 문턱치보다 작으면 신호를 차단하여 표적 신호를 분리한다. 그러나 이 알고리즘은 표적 신호와 방해 신호가 겹쳐 있을 때 방해 신호로 판단해 표적 신호를 제거하고, 주변 환경 혹은 시스템 환경이 바뀔 때, 이미 설정된 문턱치가 부적절할 수 있는 문제점을 갖고 있다.

기존의 two-color 신호처리 알고리즘들은 앞에서

기술한 것처럼 주변 환경이 유지되어야 하고 가정된 이상적인 신호가 발생해야만 정상 동작하는 제한성을 갖는다.

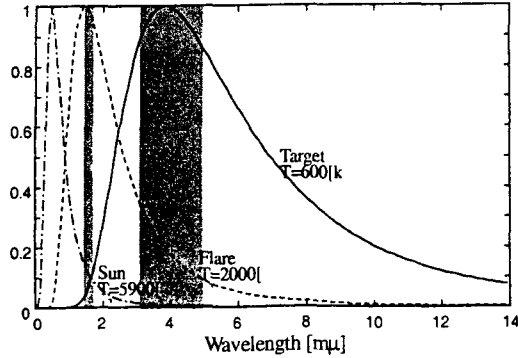


그림 1. 표적 추적과 관련된 에너지원의 정규화된 스펙트럼 분포

Fig. 1. Normalized spectral distribution of energy sources to be considered for target tracking.

III. 제안된 two-color 신호처리 알고리즘

표적과 방해물의 스펙트럼 분포 특성을 구분하기 위해 여기서 대역간 신호비(MNR)을 정의하고, 방해물의 MNR을 이용해 표적과 방해물 신호가 혼합된 신호에서 표적 신호만을 효율적으로 추출하는 알고리즘을 제안한다.

1. MNR

0[K]이상의 모든 물체는 식 (1)의 플랑크 법칙^[1,9,10] (Planck's law)에 의한 온도에 따른 전자기파의 방사 스펙트럼 분포 특성을 갖는다.

$$W(T, \lambda) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} = \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} \quad [Wm^{-2}\mu^{-1}] \quad (1)$$

여기서 c , k , h , T , λ 는 각각 빛의 속도, 볼츠만 상수, 플랑크 상수, 절대 온도, 파장을 나타낸다. 그림 1은 표적 추적과 관련된 에너지원들의 정규화된 스펙트럼 분포를 보여주고 있다. 온도가 높을수록 방사 스펙트럼의 최대값이 짧은 파장대역으로 이동하고 있어 적절한 두 대역을 선택하면 온도에 따른 스펙트럼 분포 특성을 MNR로 나타낼 수 있다. 모든 물체를 흑체로 가정하고 대기와 검출기에서 감쇠를 고려하지 않을 때, 수신되는 신호는 플랑크 법칙에 의해 계산된 에너지

방사량과 비례하므로 MNR은 식 (2)처럼 쓸 수 있다.

$$MNR(T) = \frac{W_M(T)}{W_N(T)} = \frac{\int_{\lambda_M} \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} d\lambda}{\int_{\lambda_N} \frac{c_1}{\lambda^5 (e^{c_2/\lambda T} - 1)} d\lambda} \quad (2)$$

여기서 λ_M , λ_N 는 각각 M대역과 N대역의 신호 검출 구간이고, W_M , W_N 은 각각 M대역과 N대역의 대역 방사량 (band radiant emittance)이다.

본 논문에서 주관심 표적은 전투기이고 방해물은 적 외선 표적 추적 시스템의 대표적인 대응능력인 2000K의 섬광탄으로 가정한다. 표적과 방해물의 스펙트럼 분포 특성, 파장에 따른 대기 투과율, 대역간 신호대 잡음비 등을 고려하여 λ_M 는 중간 적외선(mid infrared) 영역의 $3.0\mu m \sim 5.0\mu m$ 로, λ_N 는 근 적외선(near infrared) 영역의 $1.5\mu m \sim 1.7\mu m$ 로 그림 1에 표시된 영역처럼 설정한다^[7]. 그림 2는 온도에 따른 흑체의 MNR을 보여주고 있다. 온도가 낮을수록 MNR이 매우 큰 것은 온도가 낮을수록 스펙트럼 분포의 최대값이 장파장쪽으로 이동하여 N대역의 신호가 매우 작기 때문이다.

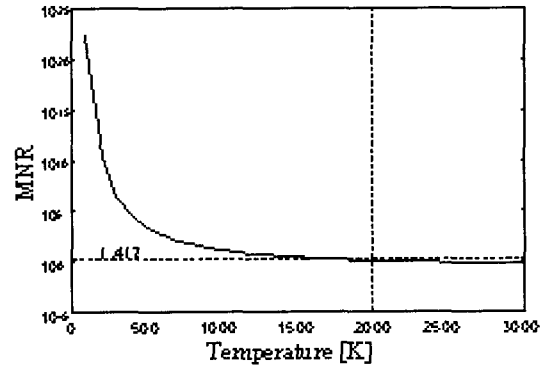


그림 2. 온도에 따른 흑체의 MNR

Fig. 2. MNR of a blackbody as a function of temperature.

2. 제안된 two-color 신호처리 알고리즘

본 논문에서 제안된 two-color 신호처리 알고리즘은 두 가지 사실에서 제안된다. 첫째는 M대역에서 표적보다 강한 방사특성을 보이기 위해 크기가 상대적으로 매우 작은 방해물은 표적보다 온도가 매우 높다는 것과, 둘째는 표적과 방해물은 공간적으로 대부분 분리되어 있고, 동일 영상으로부터 두 대역 신호가 만들어진다는 것이다^[8]. 첫째 사실은 주어진 M과 N대역

에서 방해 신호의 MNR(MNR_I)이 표적의 MNR(MNR_T)보다 매우 작아 그들을 쉽게 구분할 수 있음을 나타낸다. 둘째 사실은 표적 신호와 방해 신호는 대부분 독립되어 있어 MNR_I가 존재하고 두 대역의 신호의 위상이 같음을 나타낸다. 그림 3은 제안된 알고리즘의 블록도 이다. MNR_I와 이득(AGC)는 입사하는 두 대역 신호로부터 얻어진다. MNR_I는 표적 신호 추출을 위해 사용되고, AGC는 신호를 적절한 크기로 유지시키기 위한 것으로 앞으로 수식에서 전개에서는 1로 가정한다. 따라서 제안된 알고리즘의 출력 V_O는 MNR_I이 적용된 식 (3)으로 나타난다.

$$V_O(t) = V_M(t) - MNR_I V_N(t) \quad (3)$$

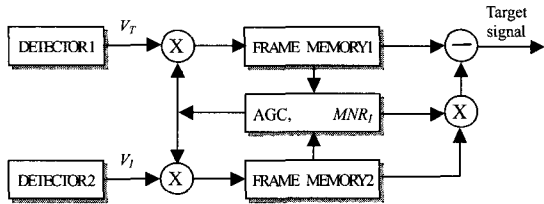


그림 3. 제안된 two-color 신호처리 알고리즘의 블록도
Fig. 3. Block diagram of the proposed two-color signal processing algorithm.

3. MNR_I의 추출

MNR을 구하기 위해 검출기에 입사하는 대역 신호들은 표적 신호와 방해 신호가 혼합된 식 (4)처럼 쓸 수 있다.

$$V_M(t) = V_{MT}(t) + V_{MI}(t), \quad V_N(t) = V_{NT}(t) + V_{NI}(t) \quad (4)$$

여기서 이중 첨자의 앞 첨자는 M대역과 N대역을 나타내고, 뒤 첨자는 표적 신호(T)와 방해 신호(I)를 나타낸다. 이 신호들에 잡음이 없다고 가정할 때, 발생 가능한 MNR은 표적 신호와 방해 신호가 분리될 때 MNR_T과 MNR_I 그리고 표적과 방해 신호가 혼합된 신호의 MNR(MNR_{T+I})로 제한되고 이들은 식 (5)에 의해 계산된다.

$$MNR_T = \frac{V_{MT}}{V_{NT}}, \quad MNR_I = \frac{V_{MI}}{V_{NI}}, \quad MNR_{T+I}(t) = \frac{V_{MT}(t) + V_{MI}(t)}{V_{NT}(t) + V_{NI}(t)} \quad (5)$$

식 (5)에서 MNR_{T+I}만을 시간 함수로 쓴 것은

MNR_T와 MNR_I는 하나의 값을 갖지만 MNR_{T+I}는 표적 신호와 방해 신호의 상대적인 크기가 시간에 따라 변하기 때문이다. 그림 1의 표적과 방해물의 온도와 신호의 크기를 고려하고 그림 2을 참고할 때, MNR들간의 크기는 식 (6)과 같이 나타난다. 따라서 MNR_I는 입사하는 모든 신호의 MNR을 히스토그램으로 나타낼 때 히스토그램에서 처음으로 나타나는 피크(peak)의 MNR이다.

$$MNR_I < MNR_{T+I} \ll MNR_T \quad (6)$$

그러나 잡음이 섞일 때 MNR의 히스토그램은 앞에서 설명한 것과는 전혀 다른 형태로 나타난다. 잡음을 정규 분포의 백색 잡음으로 가정할 때, 신호가 없는 영역에서 N대역 잡음이 M대역 잡음보다 큰 경우는 50%일 것이고, MNR은 1을 기준으로 양쪽에 불규칙적으로 분포하고 양쪽의 발생 빈도는 비슷할 것이다. 따라서 히스토그램에서는 많은 피크가 발생하고 1 미만의 빈도수가 상대적으로 크고, 히스토그램의 최소 MNR에서 최대 피크를 가질 것이다. 그러나 신호가 있는 영역에서는 신호가 잡음보다 매우 크므로 잡음이 없을 때 히스토그램의 피크에서 여전히 피크를 갖고 그 피크를 중심으로 정규 분포를 갖을 것이다. 그래서 입사하는 신호 중 방해 신호가 포함된 신호에서만 MNR의 히스토그램을 계산하면 잡음의 영향을 줄일 수 있고, 그 히스토그램의 첫번째 피크는 MNR_I이다. 섬광탄 신호는 N대역에서 표적 신호보다 매우 크므로 N대역 신호에서 일정 크기(TH1) 이상이면 섬광탄이 포함된 신호로 가정한다.

4. 표적 신호의 추출

제안된 알고리즘의 출력인 식 (3)에 앞에서 정의한 입력 신호인 식 (4)을 대입하면 식 (7)처럼 나타난다. 식 (7)에서 방해 신호 V_{MI}는 완전히 제거되고 있으나 표적 신호가 MNR_I·V_{NT}(t) 만큼 감소된다. 그러나 식 (6)에 의해 MNR_I는 MNR_T보다 매우 작으므로 이 감소는 무시할 수 있다. 따라서 V_O는 근사적으로 표적 신호 V_{MT}와 같다. 따라서 제안된 알고리즘의 출력은 M대역의 표적 신호만을 출력한다.

$$\begin{aligned} V_O(t) &= V_{MT}(t) - MNR_I \cdot V_{NT}(t) + V_{MI}(t) - MNR_I V_{NI}(t) \\ &\approx V_{MT}(t). \quad (V_{MI}(t) - MNR_I V_{NI}(t) = 0, \quad MNR_I \ll MNR_T) \end{aligned} \quad (7)$$

식 (7)의 표적 신호를 감쇠 시키는 항은 표적의 온도와 추출된 MNR_1 에 의해 결정되는 것으로 표적 추적에 영향을 줄 수 있다. 식 (8)과 (9)는 제안된 알고리즘이 방해 신호 이외의 신호에 미치는 영향과 잘못 추출된 MNR_1 에 의한 영향을 평가하기 위한 식이다. 식 (8)의 $W_o(T)$ 는 절대 온도 K 에서 제안된 알고리즘에 의해 출력되는 값이고, 식 (9)의 $R(T)$ 는 원래 값에 대한 출력된 값의 감쇠율을 나타낸다. 그림 4는 식 (9)의 결과를 그래프로 보여주고 있다.

$$W_o(T) = W_M(T) - \varepsilon MNR(T = 2000)W_N(T) \quad (8)$$

$$R(T) = \frac{W_o(T)}{W_M(T)} = \frac{MNR(T) - \varepsilon MNR(T = 2000)}{MNR(T)} \quad (9)$$

여기서 ε 은 추출된 MNR 의 오차이고, 2000은 방해 신호인 섬광탄의 온도이다. 그래서 MNR_1 는 T 가 2000일 때의 MNR 을 사용한다.

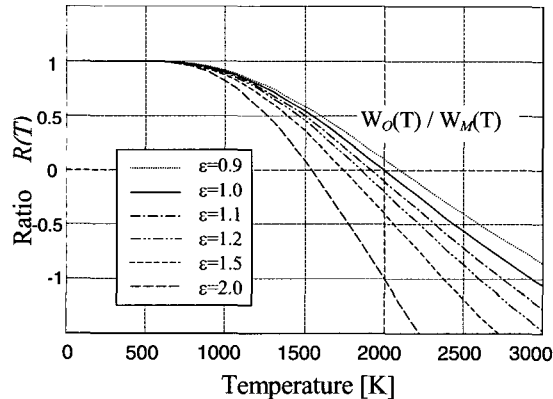


그림 4. 다양한 추출 오차에서 온도에 따른 출력 신호의 감쇠율

Fig. 4. Signal attenuation ratio as a function of temperature at various.

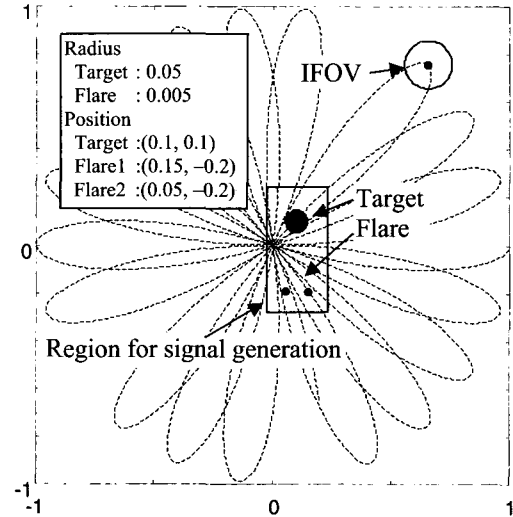
V. 모의실험 결과 및 분석

제안된 알고리즘은 로켓 주사 탐색기에서 생성되는 신호에 적용하여 우선 신호처리에 요구되는 적절한 문턱치를 설정하고, 다양한 잡음에서 모의실험 결과를 분석하고 그 성능을 평가한다.

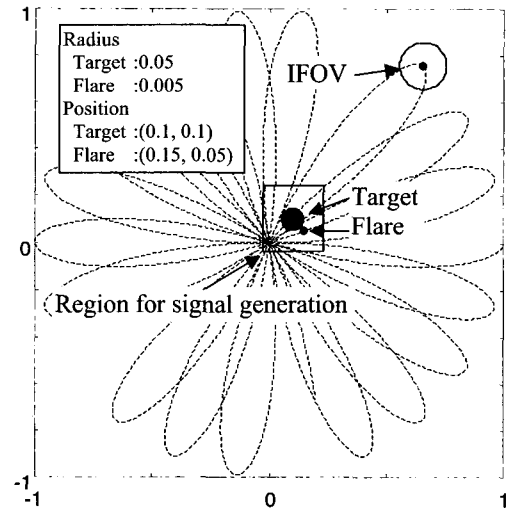
1. 모의실험 환경

로켓 주사 탐색기^[6,11,12]는 표적 검색이 가능한 TFOV(total FOV)에 비해 상대적으로 작은 IFOV

(instantaneous FOV)를 가진 단소자 적외선 센서를 갖고, 두 프리즘을 이용해 IFOV를 그림 5의 로켓 주사 패턴 (rosette scan pattern)을 따라 이동시켜 1차원 신호를 만들고, 그 신호를 2차원 영상으로 재구성하여 표적의 정보를 찾아내는 탐색기이다.



(a)



(b)

그림 5. 시뮬레이션을 위한 로켓 주사 패턴과 적외선 영상 (a) 경우 1, (b) 경우 2

Fig. 5. Rosette scan patterns and IR images for the simulation (a) case 1, (b) case 2.

그림 5는 모의실험에 사용될 환경으로서 경우 1에서는 생성된 신호들이 분리되도록 표적과 섬광탄이 완전히 분리되어 있고, 경우 2에서는 생성된 신호들이 겹치도록 표적과 섬광탄이 근접해 있다. 또한, 로켓 주

사 탐색기의 로켓 주사 패턴, TFOV, IFOV, 표적, 섬광탄 그리고 신호 생성 영역을 보여주고 있다. IFOV는 임의의 시간에 검출기로 투영되는 영역이고, TFOV는 IFOV가 이동하는 전 영역으로 x, y축 모두 +1에서 -1사이고 신호처리를 위해 영상으로 변환할 때는 257×257 크기로 한다. 신호 생성 영역은 신호처리 시간을 고려한 것으로 그림에서 사각형 박스로 표시해 신호가 있는 주변 영역을 지정하고 있다. 본 논문의 모의실험은 이 영역의 신호만을 추출하여 수행 된다.

2. Two-color 대역 신호 및 MNR

그림 6과 7은 그림 5의 경우 1과 경우 2에서 생성된 신호를 보여 주고 있다. 1차원 신호는 IFOV가 로켓 패턴을 따라 이동하면서 만들어진 신호 중 주어진 영역의 신호만을 추출한 것이고, 2차원 영상은 1차원 신호를 2차원으로 재구성한 것이다. 그림 6과 7의 2차원 영상에서 표적과 섬광탄의 크기가 그림 5의 표적과 섬광탄의 크기보다 큰 것은 IFOV가 그림 5처럼 크기를 갖고 있기 때문이다. 경우 1에서 두 섬광탄이 IFOV의 직경보다 가깝게 인접해 있어 그림 6에서 섬광탄 신호가 겹치고, 표적과 섬광탄은 멀리 떨어져 있어 그 신호들이 분리되어 있다. 경우 2에서는 표적과 섬광탄이 매우 근접해 있어 그림 7에서 신호들이 대부분 영역에서 겹치고 있다.

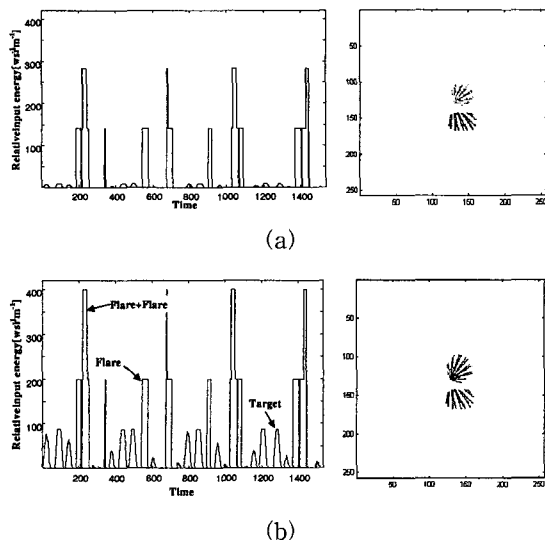


그림 6. 경우 1에서 생성된 1차원 신호 및 2차원 영상 (a) N대역, (b) M대역

Fig. 6. 1D signals and 2D images generated from the case1 (a) N band, (b) M band.

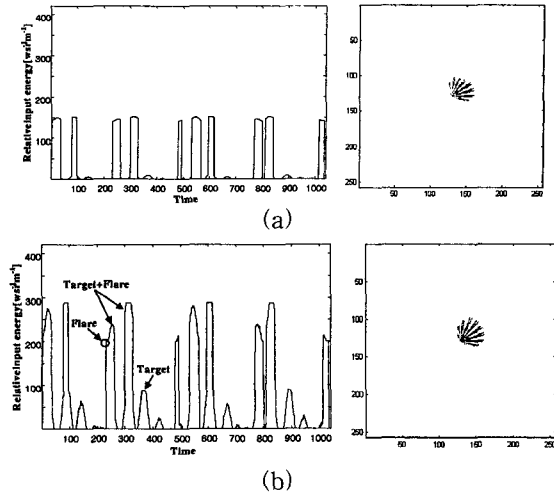


그림 7. 경우 2에서 생성된 1차원 신호 및 2차원 영상 (a) N대역, (b) M대역

Fig. 7. 1D signals and 2D images generated from the case2 (a) N band, (b) M band.

그림 8은 잡음이 없는 그림 6과 7의 1차원 신호에 의한 MNR의 히스토그램을 나타낸다. 여기서 MNR은

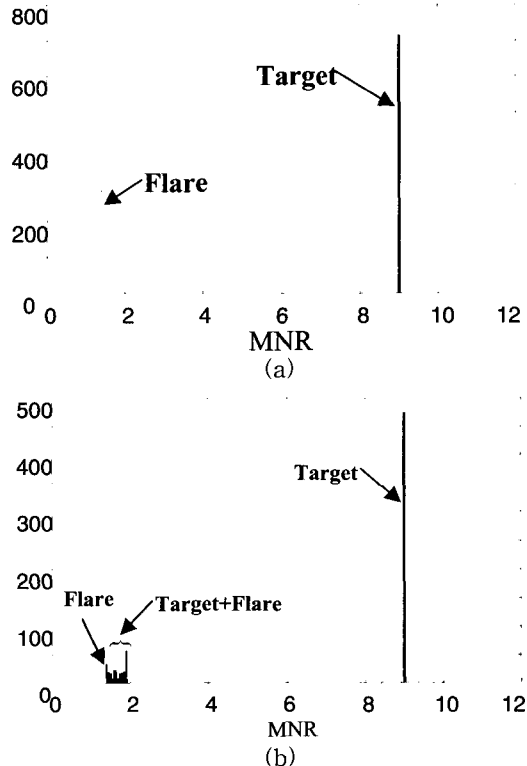


그림 8. 잡음이 없는 신호에서 MNR의 히스토그램 (a) 경우 1, (b) 경우 2

Fig. 8. Histogram of MNR computed from signal without noise (a) Case1, (b) Case2.

0.05 단위로 구분되고 최소값과 최대값은 각각 0.1과 10이다 그리고 N대역 신호가 0보다 큰 경우만 계산했다. 경우 1에서는 표적 신호와 섬광탄 신호가 완전히 분리되어 있어 두 개의 MNR값만 갖는 것을 그림 8(a)에서 보여 주고 있고, 경우 2에서는 두 신호가 겹쳐 있어 표적과 섬광탄의 MNR의 많은 MNR을 갖는 것을 그림 8(b)에서 보여 주고 있다. 여기서 최소 MNR은 섬광탄의 MNR이고 그 이상의 MNR은 두 신호의 겹침으로 생긴 것으로 식 (6)을 입증하고 있다.

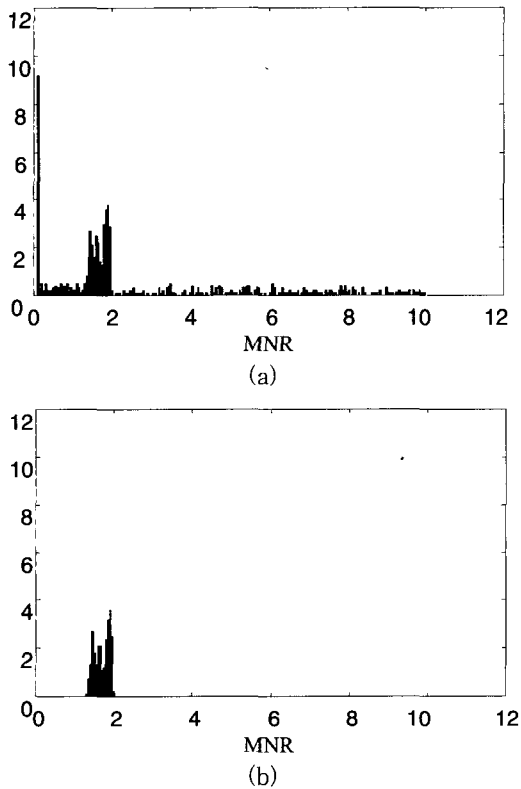


그림 9. 잡음이 있는 신호에서 MNR의 히스토그램 (a) 전 신호 영역, (b) 섬광탄 신호 영역

Fig. 9. Histogram of MNR computed from the signal with noise (a) whole signal region, (b) flare signal region.

3. MNR_1 와 표적 위치의 검출

제안된 알고리즘을 수행하기 위해 두 개의 문턱치 ($TH1$, $TH2$)가 요구된다. $TH1$ 은 잡음이 존재할 때 효율적으로 MNR_1 를 추출하기 위한 문턱치이다. 신호에 평균이 0이고 분산이 9인 정규 분포를 갖는 백색 잡음이 혼합될 때 모든 신호에 대한 MNR은 그림

9(a)와 같이 나타난다. 앞에서 설명한 것처럼 신호가 없는 영역의 히스토그램은 1 미만의 빈도가 상대적으로 큰 것과 최소 MNR 0.1에서 피크를 갖는 것을 확인할 수 있다. 그리고 신호가 있는 영역에서는 피크를 중심으로 정규 분포 형태를 갖는 것을 보여 주고 있다. MNR_T 가 사라진 것은 N대역의 표적 신호가 너무 작아 잡음이 혼합되면서 표적의 MNR이 예측할 수 없는 값으로 변하기 때문이다. 이런 잡음의 영향은 제안된 MNR_1 추출 기법으로 올바른 MNR_1 를 추출할 수 없게 한다. 그래서 히스토그램 계산을 잡음의 영향을 받지 않는 섬광탄 신호 영역에서만 수행된다. 그림 9(b)는 섬광탄 신호 영역에서 MNR의 히스토그램이다. 피크는 그대로 유지되면서 그 분포만 바뀌고 있다. 여기서 $TH1$ 은 N대역 최대 신호의 1/2로 설정했다.

표 1은 그림 2처럼 MNR_1 를 1.412로 주어질 때 잡음과 $TH1$ 의 변화에 따른 추출된 MNR_1 를 나타낸다. 여기서 잡음은 평균이 0이고 분산(VAR)이 변하는 백색 잡음이다. MNR은 잡음과 $TH1$ 에 관계없이 1.40과 1.45만 존재한다. MNR이 0.05 단위로 구분되고 있으므로 1.40은 정상적으로 추출된 것이고 1.45는 잘못 추출된 값이다 그러나 그 오차가 매우 작아 그림 4에 보여준 것처럼 신호 추출에 영향을 주지 않는다. 그리고 잘못 추출된 MNR은 섬광탄만 존재하는 영역이 매우 작은 경우 2에서만 존재한다. 결과적으로 $TH1$ 은 MNR_1 추출에 거의 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 그러나 표적 영역이 섬광탄 영역으로 선택될 가능성을 줄이기 위해 $TH1$ 은 가능하면 큰 값을 사용한다.

$TH2$ 는 추출된 1차원 신호에서 2차원 영상으로 재구성할 때 효율적으로 표적 신호를 검출하기 위한 문

표 1. 잡음과 $TH1$ 의 변화에 따른 추출된 MNR_1

Table 1. Extracted MNR_1 s as a function of noise and $TH1$.

| | | Extracted MNR_1 | | | | | |
|-----|-------|-------------------|------|------|--------|------|------|
| | | case 1 | | | case 2 | | |
| VAR | $TH1$ | 1/2 | 1/3 | 1/5 | 1/2 | 1/3 | 1/5 |
| 0 | | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.40 |
| 1 | | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.45 | 1.40 | 1.45 |
| 4 | | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 9 | | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |
| 16 | | 1.40 | 1.40 | 1.40 | 1.45 | 1.45 | 1.45 |

$TH1=1$ 은 N대역 신호의 최대값

터치이다. 표 2는 잡음과 TH2의 변화에 따른 추출된 표적 위치를 나타낸다. 검출된 표적 위치는 잡음이 없을 때(141, 117)으로 잡음이 있을 때와 1화소 정도 차이가 난다. 결국 표 2는 신호 검출에서 잡음과 TH2의 영향을 거의 받지 않음을 나타낸다. 주어진 표적 위치와 검출된 표적 위치의 차이는 로켓 패턴이 중심에 집중되는 특성에 의해 발생한 것이다. 그러나 이들은 간단한 보상 알고리즘으로 쉽게 해결된다^[12].

그림 10은 TH2가 커질수록 표적의 크기가 작아지는 것을 보여주고 있다. 그리고 면적이 클 수록 검출

표 2. 잡음과 TH2의 변화에 따른 추출된 표적 위치

Table 2. Extracted target positions as a function of noise and TH2.

| Extracted target position | | | | | | | |
|---------------------------|-----|----------------------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| VAR | TH2 | case1 (x=142, y=116) | | | case2 (x=142, y=116) | | |
| | | 1/2 | 1/3 | 1/5 | 1/2 | 1/3 | 1/5 |
| 0 | | (141,117) | (141,117) | (140,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) |
| 1 | | (141,116) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (140,117) |
| 4 | | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) |
| 9 | | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) | (141,117) |
| 16 | | (142,117) | (141,117) | (141,118) | (141,117) | (141,117) | (141,117) |

TH1=1은 N대역 신호의 최대값

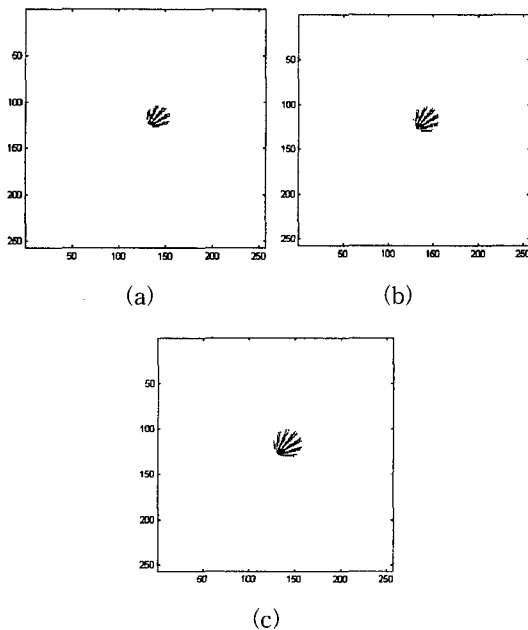


그림 10. TH2의 변화에 따른 추출된 표적 크기 (a) TH2=1/2, (b) TH2=1/3, (c) TH2=1/5
Fig. 10. Extracted target size as a function of TH2 (a) TH2=1/2, (b) TH2=1/3, (c) TH2=1/5.

된 표적 위치가 로켓 패턴의 영향을 받을 확률이 커질 것이다. 따라서 표적 신호 검출을 위한 TH2로 1/2을 사용한다.

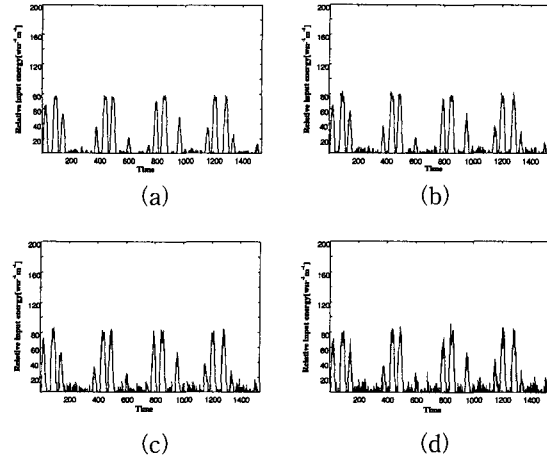


그림 11. 잡음이 있는 경우 1에서 추출된 1차원 표적 신호 (a) VAR=1, (b) VAR=4, (c) VAR=9, (d) VAR=16

Fig. 11. Extracted 1D target signals under various noises in the case1 (a) VAR=1, (b) VAR=4, (c) VAR=9, (d) VAR=16.

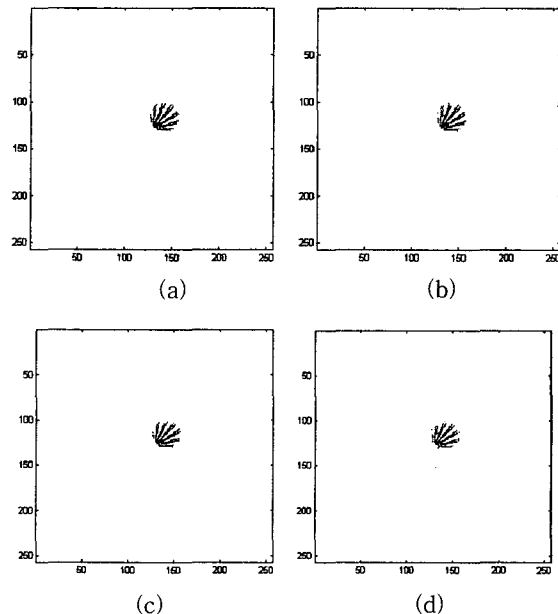


그림 12. 잡음이 있는 경우 1에서 재구성된 2차원 표적 영상 (a) VAR=1, (b) VAR=4, (c) VAR=9, (d) VAR=16

Fig. 12. Reconstructed 2D target images under various noises in the case1 (a) VAR=1, (b) VAR=4, (c) VAR=9, (d) VAR=16.

4. 다양한 잡음의 영향

그림 11과 12는 다양한 잡음에서 제안된 알고리즘에 의해 추출된 1차원 신호와 재구성된 2차원 영상을 보여주고 있다. 여기서 잡음은 표 1에서 사용된 것과 같다. 1차원 신호에서 잡음의 영향이 분명히 보이지만 2차원 신호에서는 TH2에 의해 대부분 제거되고 일부 큰 잡음에 의해 신호가 첨가되거나 손실되는 형태로 나타나고 있다. 그러나 계산된 표적 위치는 표 2에 나타난 것처럼 거의 영향을 받지 않는다.

V. 결 론

표적 추적 시스템의 FOV 안에 강한 에너지를 방출하는 태양광에 의한 배경잡음, 대응능력 등의 방해물들이 존재하면, 입사하는 적외선 표적 신호에 다양한 방해 신호가 섞이므로 표적 추적이 어렵게 된다. 이런 어려움을 해결하기 위해 스펙트럼 분포 특성을 이용한 two-color 표적 추적 시스템이 개발되고, 이들을 위한 two-color 신호처리 알고리즘도 이미 소개되었다. 그러나 이들은 제한된 조건에서만 정상적인 동작 특성을 보이고 있어, 복잡하고 시시각각 변하는 실제 상황에서 이들을 시스템에 적용하는 것은 어렵다.

따라서, 본 논문에서는 실제 상황에서 적용이 가능한 two-color 신호처리 알고리즘을 제안했다. 제안된 알고리즘은 입사하는 신호에서 스펙트럼 분포 특성을 나타내는 MNR을 계산하여 MNR_1 을 추출하고, 이것을 이용해 중간 적외선 대역 신호에서 표적 신호를 추출한다. 이처럼 알고리즘의 구성 단순하고, 입사하는 신호들에서 MNR을 계산하므로 기존 알고리즘과 달리 주변 환경 변화에 적응할 수 있어 실제 시스템에 적용할 수 있다. 제안된 알고리즘의 성능을 평가를 위해 로켓 주사 탐색기에 적용되었다. 다양한 조건에서 수행된 모의실험 결과는 제안된 알고리즘이 표적과 방해물이 혼합된 신호들에서 표적 신호만을 잘 분리하는 것을 보였다.

앞으로 연구에서 제안된 알고리즘은 FOV 내에 다양한 방해물이 존재하는 복잡한 환경에서 효율적인 반 대응 알고리즘 개발에 이용될 것이고, 로켓 탐색기 뿐만 아니라 레티클 탐색기와 십자형 배열(crossed array) 탐색기 등에도 적용될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 최중수, 이상욱, 박래홍, "Color/Image Dual-Mode화 연구", 자동제어특화연구센터 1단계 완료 보고서, 1997년, 12월
- [2] R. D. Hudson, Jr, *Infrared System Engineering*, John Wiley & Sons Inc, New York, 1969.
- [3] R. G. Driggers, P. Cox, T. Edwards, *Introduction to Infrared and Electro Optical Systems*, Artech House, London, 1999.
- [4] C. S. Fox, *The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 6 Active Electro-Optical Systems*, SPIE press, 1993.
- [5] D.H. Pollock, *The Infrared & Electro-optical Systems Handbook Vol. 7 Counter-measure Systems*, SPIE press, 1993.
- [6] W. Haifeng, L. zhi, Z. Qing, and S. Xinzhi, A double infrared image processing system using rosette scanning, *Pro. SPIE*, Vol. 2894, pp. 2-10, April 1996.
- [7] 오정수, 서동선, 최중수, "Two-color 탐색기를 위한 적외선 신호 분석 및 대역 선정," 한국통신학회 논문지, 제 25권, 제 1호, pp.112-120, 2000년 1월
- [8] G. Gerson and A. K. Rue, "Tracking systems," Chap. 22 in *The Infrared Handbook*, G. J. Zissis and W. L. Wolfe, Eds., ERIM, Ann Arbor, MI, 1985.
- [9] 오정수, 두경수, 장성갑, 서동선, 최중수, "적외선 표적 추적 모의실험을 위한 공중 표적 포착 모델링," 한국통신학회 논문지, 제24권, 제8B호, pp. 1593-1600, 1999년 8월.
- [10] G. Gaussorgues, *Infrared Thermography*, Chapman & Hall, 1994.
- [11] S. G. Jahng, H. K. Hong, S. H. Han, and J. S. Choi, "Dynamic simulation of the rosette scanning infrared seeker and an IRCCM using the mount technique," *Opt. Eng.*, Vol. 38, No. 5, pp. 921-928, May 1999.
- [12] 장성갑, 로켓 주사 패턴을 이용한 적외선 영상

탐색기의 반대응 능력에 관한 연구, 중앙대 박사
학위논문, 1999년 12월

저 자 소개

吳 正 秀(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照

杜 炅 秀(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照

張 聖 甲(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照

徐 東 善(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照

崔 宗 秀(正會員) 第37卷 SP編 第2號 參照