

## 형태학적 연산에 기반한 해수면 온도 분포 추정 알고리즘

### Estimation algorithm of ocean surface temperature flow based on Morphological Operation

구은혜\*·조웅호\*\*·박길흠\*†

Eun-Hye Gu, Woong-Ho Cho, and Kil-Houm Park<sup>†</sup>

\*경북대학교 전자전기컴퓨터학부

\*\*대구공업대학 디지털전자정보계열

#### 요 약

원거리의 표적을 탐지하기 위한IRST시스템에서 표적은 배경영역에 포함된 많은 클러터로 인하여 검출이 매우 어렵다. 특히 해상 환경에서 획득된 영상의 경우, 불균일한 해수면 온도 분포는 원거리에서 접근하는 소형 표적의 검출을 어렵게 하는 요인으로 작용한다. 이에 본 논문에서는 형태학적 연산을 기반으로 하는 불균일한 해수면 온도 분포를 추정하는 알고리즘을 제안한다. 정확한 해수면 온도 분포 추정을 위하여 상한 분포와 하한 분포로 나누어 추정하고, 추정된 결과의 평균값으로 최종 해수면 온도 분포를 도출한다. 또한 형태학적 연산을 적용함으로써 발생하는 서브샘플링 효과 문제를 해결하기 위하여 다양한 크기의 구조요소를 이용하는 다중 가중치(multi-weight) 기법을 적용한다. 제안 방법의 타당성을 검증하기 위하여 다양한 환경에서 획득된 해수면 영상에 대한 해수면 온도 분포 추정 결과를 기존 알고리즘과 비교 검증하였다.

**키워드** : 해수면 온도 분포 추정, 표적 추출, 다중 가중치, 형태학적 연산

#### Abstract

Target detection is very difficult with complex clutters in IRST(Infrared Search and Track) system for a long distance target. Especially sea-clutter and ocean-surface with non-uniform temperature distribution make it difficult to detect incoming targets in images obtained in sea environment. In this paper, we propose a novel method based on morphological method for estimation of ocean surface with non-uniform temperature flow. In order to estimate the exact ocean surface temperature flow, we divided it into upper and lower bound flow. And after estimating it, the final ocean surface temperature flow is derived by a mean value of the estimated results. Also, we apply the multi-weighted technique with a variety of sizes of structure elements to overcome sub-sampling effect by using morphology method. Experimental results for ocean surface images acquired from many different environments are compared with results of existing method to verify the performance of the proposed methods.

**Key Words** : Ocean surface temperature flow estimation, Target extraction. Multi-weight, Morphology operation.

## 1. 서 론

다양한 클러터를 포함하는 적외선 영상에서 소형 표적 검출은 적외선 탐색 및 추적(infrared search and track; IRST) 시스템에 있어 매우 중요한 기술이다. 현재 해상 환경에서의 IRST시스템은 ASSM(Anti Ship Sea-skimming Missiles) 또는 군함과 같이 원거리 표적을 신속히 탐지하고 위협을 알리는 군사적 용도로 널리 사용되고 있다[1][2]. 이와 같이 해상 환경에서 획득된 영상의 경우, 표적은 일반

적으로 영상 획득 장치로부터 10km 이상의 원거리에서 접근하므로, 그 크기가 매우 미소한 hot-spot의 형태를 가진다[3]. 태양에 의해 산란되는 난반사 또한 해상환경에서 획득된 영상에서 소형 표적 탐지를 어렵게 하는 요인이 된다. 일반적으로 표적은 바다 배경에 비해 높은 온도를 가지지만 해수면 배경 영역의 불균일한 온도 분포로 인해 실제 표적과 유사하거나 높은 화소 값을 가지는 영역이 존재하게 되므로, 표적의 과검출 및 오검출을 유발하여 견실한 표적 검출의 저해요인으로 작용한다. 따라서 본 논문에서는 소형 표적의 검출을 용이하게 하기 위하여 해수면 온도 분포 추정 기법을 제안한다. 기존의 불균일한 화소값 분포를 추정하기 위한 방법으로 면 정합(Surface Fitting)을 이용할 수 있다. 대표적인 면 정합 방법으로 다항식 근사(polynomial approximation) 기법과 B-spline 기법이 널리 적용되고 있으며[4][5], 이들 기법은 평균 제곱 오차를 최소화함으로써 최적의 면 정합 결과를 찾는다. 하지만 다항식 근사 기법의 경우 면 정합을 위한 적절한 차수의 결정이 어렵고,

접수일자: 2012년 3월 3일

심사(수정)일자: 2012년 3월 20일

게재확정일자: 2012년 3월 20일

†교신저자

본 연구는 국방과학연구소 “대함유도탄 방어 유도탄 체계개발 연구” 과제의 지원(계약번호:UD110024FD)을 통해 수행되었음

B-spline 기법은 scatter matrix의 크기 고정에 어려움이 있다. 또한 기존의 면 정합 방법들은 표적에 대한 많은 사전 정보와 계산량을 필요로 한다. 하지만 실시간 처리를 하는IRST 시스템은 적은 계산량이 요구되며, 다양한 환경에서 영상 획득이 이루어지므로 구체적인 사전 정보를 획득하기 어렵다.

본 논문에서는 형태학적 연산에 기반한 해수면 온도 분포 추정 알고리즘을 제안한다. 형태학적 연산[6]을 이용한 면 정합 기법은 계산량이 적고, 구조요소 크기 설정을 위해 표적의 크기에 대한 사전 정보만이 필요하므로 고려하는 영상의 해수면 온도 분포 추정에 적합하다. 그러나 기존의 형태학적 연산을 이용한 면 정합 방법은 영상의 화소값 분포에서 어두운 영역만을 고려하기 때문에 정확한 해수면 온도 분포 추정이라 할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 정확한 해수면 온도 분포 추정(Ocean surface temperature flow;OTF)을 위하여 상한(upper bound)과 하한(lower bound)으로 나누어 화소값의 분포를 추정하고, 각각 추정된 온도 분포의 평균값을 이용하여 최종 해수면 온도 분포를 결정한다.

영상 내에서 난반사로 인한 클러터와 표적을 포함하는 해수면 영역을 고려하기 위한 상한 분포(upper bound flow;UBF)의 추정을 위하여 morphology pair를 적용하였다. 또한 낮은 온도의 해수면 영역을 고려하기 위해 기존의 침식 연산을 적용함으로써 하한 분포(lower bound flow;LBF)를 함께 추정한다. 하지만 표적의 크기가 커짐에 따라 구조요소의 크기 또한 함께 커지므로 추정된 해수면 온도 분포에 서브샘플링(sub-sampling)과 유사한 효과가 나타나게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다중 가중치(multi-weight) 기법을 적용하였다. 원 영상에서 해수면 온도를 정확히 추정하여 제거할수록 해수면 온도의 영향으로 높은 화소 값을 가지던 난반사의 화소 값 분포가 낮아지게 되므로 보다 견실한 표적 검출 결과를 얻을 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장을 통해 본 논문에서 제안하는 상한 분포와 하한 분포 추정을 통한 해수면 온도 분포 추정 기법에 대해 설명하고, 3장에서는 성능 입증을 위하여 실영상에 제안 방법을 적용하여 기존 방법의 결과와 비교 분석한다. 그리고 마지막 4장을 통해 본 논문의 결론을 맺는다.

## 2. 형태학적 연산 기반의 해수면 온도 분포 추정

그림 1(a)는 해상 환경에서 획득된 영상으로, 태양광에 의해 산란되는 해수면 난반사로 인한 클러터와 바다 배경의 불균일한 온도 분포 그리고 원거리에 존재하는 표적을 포함하고 있다. 이와 같은 경우, 영상 내 난반사, 해수면 온도 분포 및 표적 정보의 양상은 그림 2와 같이 나타난다. 일반적으로 해상 환경에서 획득된 영상에서의 표적은 10km 이상의 원거리에서 접근하므로 크기가 최소 2×2픽셀에서 최대 20×20픽셀까지 변화하고, 표적 내 동력 장치로 인하여 주변 해수면 화소 값에 비해 밝은 hot-spot의 형태로 나타난다[6]. 하지만 불균일한 해수면의 온도 분포로 인해 그림 1(b)에서와 같이 표적과 유사하거나 높은 화소 값을 가지는 난반사 영역이 존재하므로 표적의 과검출 및 오검출에 대한 위험이 높다.

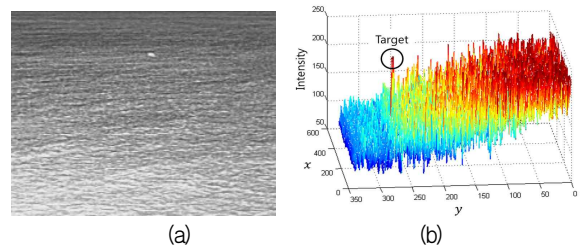


그림 1. 해상 환경에서 획득된 영상의 특성 분석: (a) 원 영상, (b) (a)의 3차원 그래프

Fig. 1. Characteristics of the sea-based FLIR image: (a) Original image, (b) 3-dimensional graph of (a).

이러한 영상 특성으로 인하여 불균일한 해수면 온도 분포가 존재하는 영상에서 표적과 난반사 패턴을 구분하여 표적을 검출하는 것은 매우 어렵다.

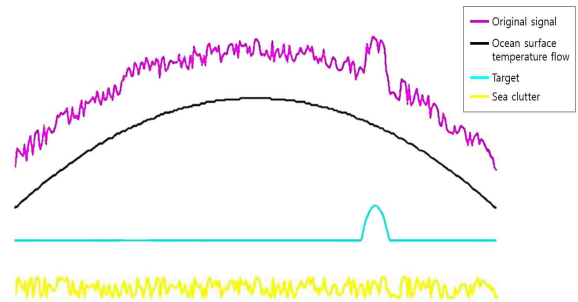


그림 2. 해상 환경에서 획득된 영상 내 난반사, 해수면 온도 분포 및 표적 정보의 양상

Fig. 2. The aspects of information among OTF, sea clutter and target in sea-based image

표적이 hop-spot 형태임을 고려할 때, 기존의 형태학적 열림 연산을 이용한 배경 추정을 통해 주변에 비해 밝은 표적의 검출이 가능하다[7]. 기본적인 형태학적 필터의 경우 구조요소에 의한 침식(⊖)과 팽창(⊕) 연산을 이용하여 영상의 국부 최대값을 제거하는 열림(∘) 연산과 국부 최소값을 제거하는 닫힘(⋅) 연산을 구성하며, 이는 아래의 식 (1)과 같이 표현 가능하다.

$$f \circ B_{\mu} = (f \ominus B_{\mu}) \oplus B_{\mu} \tag{1}$$

$$f \bullet B_{\mu} = (f \oplus B_{\mu}) \ominus B_{\mu}$$

여기서  $f$ 는 원 영상,  $B_{\mu}$ 는 크기가  $\mu \times \mu$ 인 구조요소를 의미한다. 즉, 열림 연산을 수행할 경우 국부 최대값에 해당하는 표적과 밝은 난반사 영역을 배제한 해수면 온도 분포의 추정이 가능하다. 하지만 기존의 열림 연산은 실제 해수면 온도 분포에서 어두운 영역만을 고려하므로 정확한 해수면 온도 분포의 추정이 이루어지기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 기존 열림 연산의 문제점을 해결하고 보다 견실한 해수면 온도 분포 추정을 위하여 상한 분포 추정과 하한 분포 추정을 이용한 알고리즘을 제안한다.

### 2.1 Morphology pair 기반의 해수면 온도 분포 추정

앞서 설명한 바와 같이 정확한 해수면 온도 분포를 추정하기 위하여, morphology pair를 이용하여 영상내 해수면 온도 분포의 높은 화소값을 가지는 해수면 영역을 고려한 상한 분포를 추정한다. 그림 3은 해수면 온도 분포에서 국부 최대값을 가지는 표적이 존재하는 경우의 morphology pair의 구성을 나타낸다. 아래의 그림 3(a)에서 나타난 바와 같이, 크기가  $\mu$ 인 구조요소를 이용한 팽창의 결과로 주변에 비해 밝고 크기가 0에서  $\mu - 1$ 인 표적과 난반사를 강조하게 된다. 그 결과, 밝은 표적과 난반사 영역의 크기가  $2\mu + 1$ 로 증가하기 때문에 그림 3(b)에서와 같이  $2\mu + 1$  크기의 구조요소를 이용하여 침식 연산을 적용함으로써 정확한 화소값 분포를 추정할 수 있다.

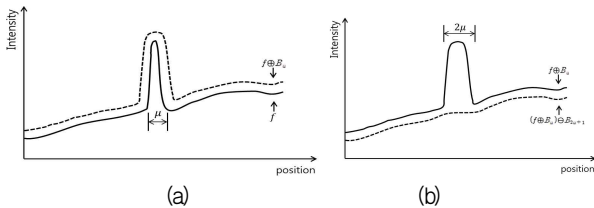


그림 3. Morphology Pair 구조 (a) 크기  $\mu$ 의 구조요소를 이용한 팽창 결과, (b) 크기  $2\mu + 1$ 의 구조요소를 이용한 침식 결과  
Fig. 3. The structure of the morphology pair: (a) The dilation result using the structuring element  $\mu$ , (b) The erosion result using the structuring element  $2\mu + 1$

본 논문의 morphology pair에 이용되는 구조요소의 크기  $\mu$ 는 해상 환경에서 획득된 원격외선 영상 내 표적의 최대 크기로 결정하며, 표적의 크기를 선형적으로 알고 있다고 가정하였다. 그림 4(b)는 그림 4(a)에 표시된 열의 상한 분포와 하한 분포의 추정 결과이다.

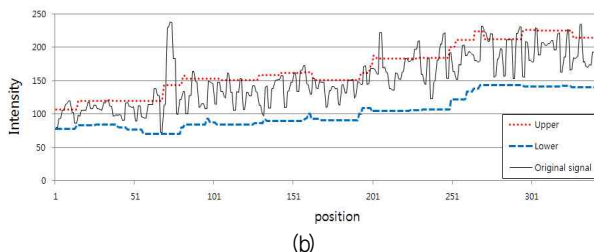
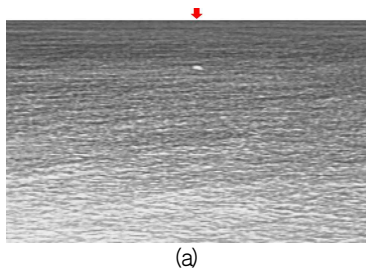


그림 4. 해수면 온도 분포의 UBF와 LBF 추정 결과: (a) 원영상, (b) (a)의 표시된 열의 upper, lower bound 추정 결과

Fig. 4. UBF and LBF estimation result of the OTF: (a) Original image, (b) UBF and LBF estimation result of marked row on (a)

추정된 상한 분포는 주변에 비해 밝은 난반사의 영향을

고려함으로써 실제 해수면 온도 프로파일에서 상위 분포를 추정하게 된다. 하지만 해수면 영역은 밝은 난반사의 영향으로 인해 높은 화소값을 가지는 클러스터 이외에 어두운 난반사 및 해수면 영역을 포함한다. 따라서 밝은 클러스터 형태의 난반사와 표적의 영향을 배제한 해수면 온도 분포의 하한 분포를 추정하기 위해 기존 형태학적 연산의 침식 연산을 적용한다. 이때 morphology pair 연산 결과와 동일한 해상도를 가지는 영상을 획득하기 위하여  $2\mu + 1$  크기의 구조요소를 이용한다.

다음으로, 그림 4에서 추정된 상한 분포와 하한 분포를 식 (2)와 같이 통계적 기법을 이용하여 실제 해수면 온도 분포의 최종 결과를 도출한다.

$$OTF_{\mu}(x,y) = ((f(x,y) \cdot B_{\mu}) + (f(x,y) \ominus B_{2\mu+1})) / 2 \quad (2)$$

그림 5는 본 논문에서 제안한 해수면 온도 추정 기법을 적용한 결과를 나타낸다.

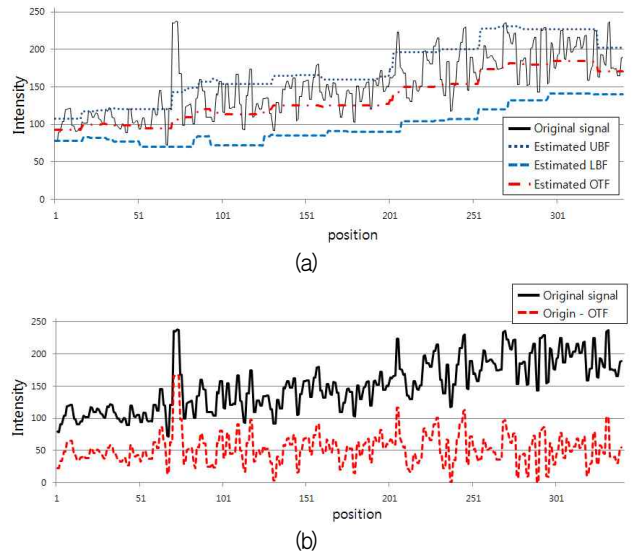


그림 5. 해수면 온도 분포추정 결과: (a) 해수면 온도 분포 추정 결과, (b) 원 신호와의 차이 비교

Fig. 5. Estimated result of the final OTF: (a) The estimated ocean surface temperature flow, (b) Comparison of original signal and difference signal

그림 5(a)에서 붉은색 점선 라인 은 최종적으로 도출된 해수면 온도 분포이며 해수면의 난반사와 같은 밝은 영역과 해수면의 어두운 영역을 모두 고려하여 추정된 해수면 온도 분포이다. 또한 그림 5(b)는 원영상의 프로파일에서 추정된 해수면 온도 분포를 제거한 결과로, 한 영상의 프로파일 비교를 통하여 온도 분포의 영향으로 높은 화소값을 가지던 난반사 영역이 보정됨으로써 원 신호에 비해 표적의 검출이 더욱 용이해졌음을 확인할 수 있다.

### 2.2 다중 가중치에 의한 해수면 온도 분포 추정

2.1절에서 제안한 해수면 온도 분포 추정 기법은 표적의 크기에 따라 구조요소의 크기가 결정되므로, 원거리에서 접근하는 표적의 특성에 의해 표적의 크기가 변화함에 따라 그에 따른 구조요소의 크기 또한 변화하게 된다. 이러한 경

우, 표적의 크기가 커질수록 커지는 구조요소의 영향으로 해수면 온도 분포의 대략적인 추정만이 가능하게 되며, 해수면 온도 분포 추정 영상은 서브샘플링과 유사한 효과가 발생된다. 이와 같은 이유로 본 논문에서 제안한 상한 분포와 하한 분포를 이용한 해수면 온도 분포 추정 알고리즘의 서브샘플링 효과 문제를 해결하기 위해, 다양한 크기의 구조요소를 이용한 추정결과의 다중합을 통한 해수면 온도 분포 추정 방법을 제안한다. 아래의 그림 6은 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 흐름도를 나타낸다.

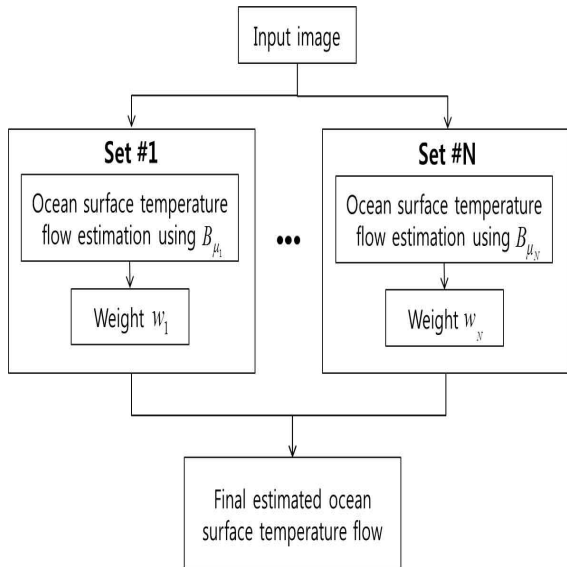


그림 6. 제안한 형태학적 연산에 기반한 해수면 온도 분포 추정 알고리즘 흐름도

Fig. 6. Proposed flowchart for OTF estimation algorithm based on morphology operation

그림 6의 흐름도에서 ‘Set #1’은 영상 내에 존재하는 최대 크기의 표적 검출을 위한 크기의 구조요소를 이용하므로 실제 해수면 온도 분포의 개략적인 흐름만을 추정하며, 앞서 언급한 서브샘플링 효과 문제를 포함하고 있다. 그림 7은 그림 4(a)영상에 대해 해수면 온도 분포를 추정된 결과로써 단일 구조요소를 이용해 추정된 해수면 온도 분포의 3차원 그래프인 그림 7(a)의 표시된 영역을 통해 서브샘플링 효과를 확인할 수 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해, ‘Set #1’보다 작은 크기의 구조요소를 가지는 ‘Set #2’, ..., ‘Set #N’를 통하여 해수면 온도 분포의 미세한 변화까지 추정한다. 하지만 ‘Set #N’으로 갈수록 작은 크기의 구조요소를 적용함으로써 해수면 온도 분포 추정 결과에 표적과 밝은 난반사가 영향을 미치게 된다. 따라서 식 (3)은 각 Set에서 획득된 해수면 온도 분포 추정 결과들을 결합하여 최종 해수면 온도 분포를 도출하는 방법을 나타낸다.

$$EOTF = OTF_{B_1}w_1 + OTF_{B_2}w_2 + \dots + OTF_{B_N}w_N \quad (3)$$

여기서  $OTF_{B_1}, \dots, OTF_{B_N}$ 은 ‘Set #1’, ..., ‘Set #N’를 통해 추정된 해수면 온도 분포 영상이며,  $w_1, \dots, w_N$ 는 각 영상을 결합하기 위해 적용되는 가중치를 의미한다.

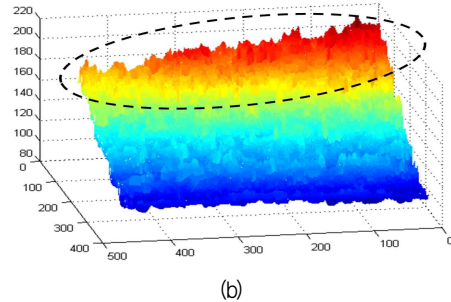
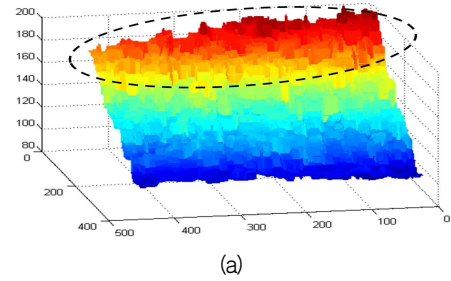


그림 7. 형태학적 연산의 서브샘플링 현상의 예: (a) 단일 구조요소를 이용해 추정된 해수면 온도 분포의 3차원 그래프, (b) 다양한 크기의 구조요소를 이용해 추정된 OTF 다중합 영상의 3차원 그래프

Fig. 7. Sub-sampling effect of morphology operation: (a) 3-dimensional graph of the estimated OTF image using single structure element, (b) 3-dimensional graph of the multi-weighted image

각 영상의 가중치는 영상 결합을 위한 중요도에 따라 그 값이 결정되고, 해수면 온도 분포 추정의 관점에서는 표적의 최대 크기를 포함하는 ‘Set #1’의 결과 영상에 가장 높은 가중치를 부여하게 된다. 하지만 영상의 서브샘플링 효과를 줄이기 위해  $i$ 이 증가함에 따라 각각 영상에 대한 가중치를 감소하는 형태로 식 (4)와 같이 가중치를 적용하며, 각 가중치의 합은 1이다.

$$w_i = \frac{\mu_i}{\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_N} \quad (i = 1, \dots, N) \quad (4)$$

이때,  $\mu_1, \dots, \mu_N$ 는 ‘Set #1’, ..., ‘Set #N’에 이용되는 구조요소의 크기를 나타낸다. 제안한 다중 가중치를 적용하여 추정된 해수면 온도 분포의 경우 그림 7(b)에서 확인할 수 있듯이 서브샘플링 효과 문제를 해결하면서 원 영상의 해수면 온도 분포에 대한 충실도(Fidelity)가 높아지게 된다.

### 3. 실험 및 고찰

본 장에서는 제안한 알고리즘의 적합성을 증명하기 위해 실제 해상 환경에서 획득된 영상에 대해 해수면 온도 분포를 추정된 결과를 나타내었다. 실험용 PC는 2.8GHz Core i7 CPU와 4GByte memory 사양이며, 실험은  $467 \times 340$  크기의 원격외선 영상에 적용되었다.

본 논문에서 제안한 상한 분포와 하한 분포 기반의 해수

면 온도 분포 추정 방법은 구조요소의 크기와 morphology pair Set의 수에 따라 그 결과가 달라질 수 있다. 따라서 영상 내 표적의 최대 크기에 따라 구조요소의 크기가 결정되어야 하며, 표적의 크기가 클수록 서브샘플링 효과 문제를 해결하기 위해 다양한 크기의 구조요소를 이용한 추정 결과의 결합을 필요로 한다. 그림 8은 너비가 10인 표적을 포함하는 그림 4(a)에 표시된 열에 대하여 크기가 11, 7 그리고 5인 구조요소를 이용한 해수면 온도 분포 추정 결과를 나타낸다.

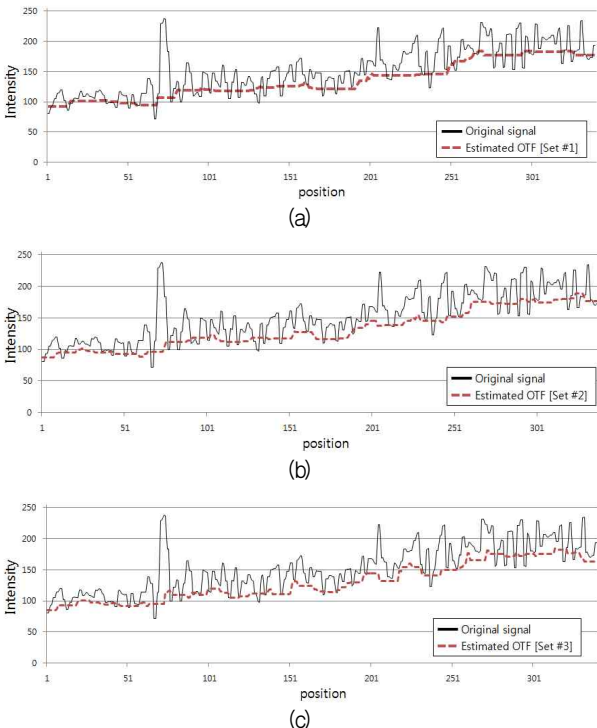


그림 8. 구조요소 크기에 따른 해수면 온도 분포 추정 결과 비교: (a) 크기가 11인 구조요소를 이용한 OTF 추정 결과, (b) 크기가 7인 구조요소를 이용한 OTF 추정 결과, (c) 크기가 5인 구조요소를 이용한 OTF 추정 결과

Fig. 8. Comparison of the OTF estimation results using different structure element sizes: (a) The estimated result using structure element 11, (b) The estimated result using structure element 7, (c) The estimated result using structure element 5

구조요소의 크기를 표적 크기만큼 설정하는 그림 8(a)의 경우 전반적인 해수면 온도 분포를 추정하지만 구조요소의 크기가 작은 그림 8(b)와 그림 8(c)의 추정 결과에 비해 원 신호에 대한 충실도가 떨어짐을 알 수 있다. 또한 구조요소의 크기가 작아질수록 추정된 해수면 온도 분포 결과에 표적과 밝은 난반사의 영향이 미치는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 제안하는 다중 가중치를 이용한 결합 기법을 이용하여 최종적으로 해수면 온도 분포를 추정하므로 구조요소가 큰 경우에 발생하는 서브샘플링 효과 문제와 표적에 비해 구조요소의 크기가 상대적으로 작은 경우의 문제점을 보완할 수 있다. 구조요소의 크기에 따라 가중치를 부여할 경우 그림 9(a)와 같이 각 'Set'의 최종 해수면 온도 분포를 위한 결합에 적용되는 영향이 다름을 확인할 수 있다. 그림

9(b)는 제안 방법의 다중 가중치를 적용해 최종적으로 추정된 해수면 온도 분포 신호와 원 신호와의 차이를 나타낸다.

그림 9(a)의 프로파일에서와 같이 'Set 3'을 통해 추정된 결과에 가장 낮은 가중치를 부여함으로써 해수면 온도 분포를 추정함에 있어 실제 표적과 난반사에 따른 영향이 현저히 감소되는 것을 알 수 있다.

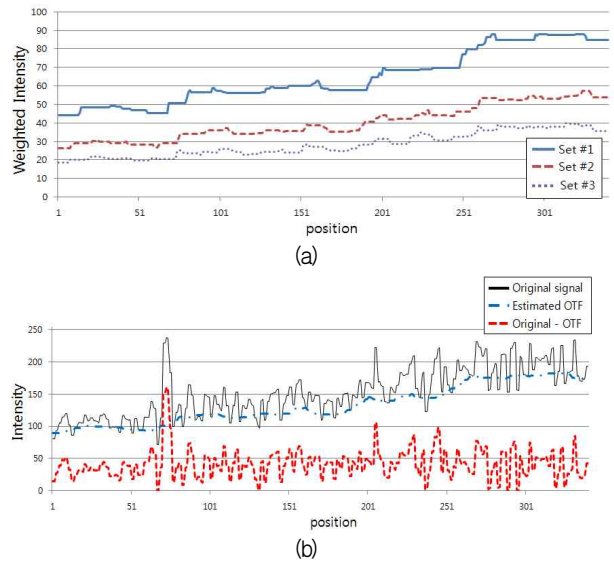


그림 9. 다중 가중치 적용 결과: (a) 각 Set에 대한 가중치 적용 결과, (b) 최종적으로 추정된 OTF

Fig. 9. The multi-weighted OTF estimation result: (a) Weighted estimation line profile of Fig 4.(a), (b) The final result of estimated ocean surface temperature flow

한편, 본 논문에서 제안하는 해수면 온도 분포 추정 방법은 다양한 구조요소를 이용해 화소값 분포를 추정한 영상들을 조합하는 방법으로, 주파수 영역에서의 저역 통과 필터(Lowpass filter)와 유사한 성능을 보일 것으로 예측될 수 있다. 하지만 표적의 경우 크기와 밝기가 다양한 형태로 그 주파수 대역을 예측하기 어렵다. 또한 해수면 온도 분포와 표적이 동시에 존재하는 주파수 대역이 존재하게 되면, 이를 구분하기 위한 차단 주파수의 설정은 불가능하게 된다. 이러한 이유로 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능은 대표적 저역 통과 필터인 가우시안 저역 통과 필터[8]와 기존의 형태학적 연산인 열림 연산[9]을 이용한 결과와 비교하였다.

그림 10(a)는 그림 4(a)에 표시된 열에 대한 가우시안 저역 통과 필터 결과로, 추정된 온도 분포 내에 표적과 난반사의 잔존 세기가 매우 큰 것을 알 수 있다. 그림 10(b)의 기존 열림 연산의 경우는 영상의 화소값 분포의 어두운 영역만을 고려하여 화소값 분포를 추정하므로 견실한 해수면 온도 분포 추정 결과를 기대하기 힘들다. 그림 10(c)의 제안 알고리즘은 해수면 온도 분포의 상한과 하한을 기반으로 추정 결과의 다중합을 통해 표적과 난반사를 제외한 신뢰도 높은 추정 결과를 나타낸다. 추정된 해수면 온도 분포를 원 신호에서 제거하면 가우시안 저역 통과 필터의 경우, 추정된 해수면 온도 분포에 잔존하는 정보로 인해 그림 10(d)에서 확인할 수 있듯이 제안 알고리즘에 비해 표적의 세기가 약화됨을 알 수 있다. 또한 기존의 열림 연산을 통해 추정된

해수면 온도 분포는 어두운 영역만을 고려하므로 그림 10(e)와 같이 제안 알고리즘의 결과에 비해 밝은 난반사 영역의 화소값이 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

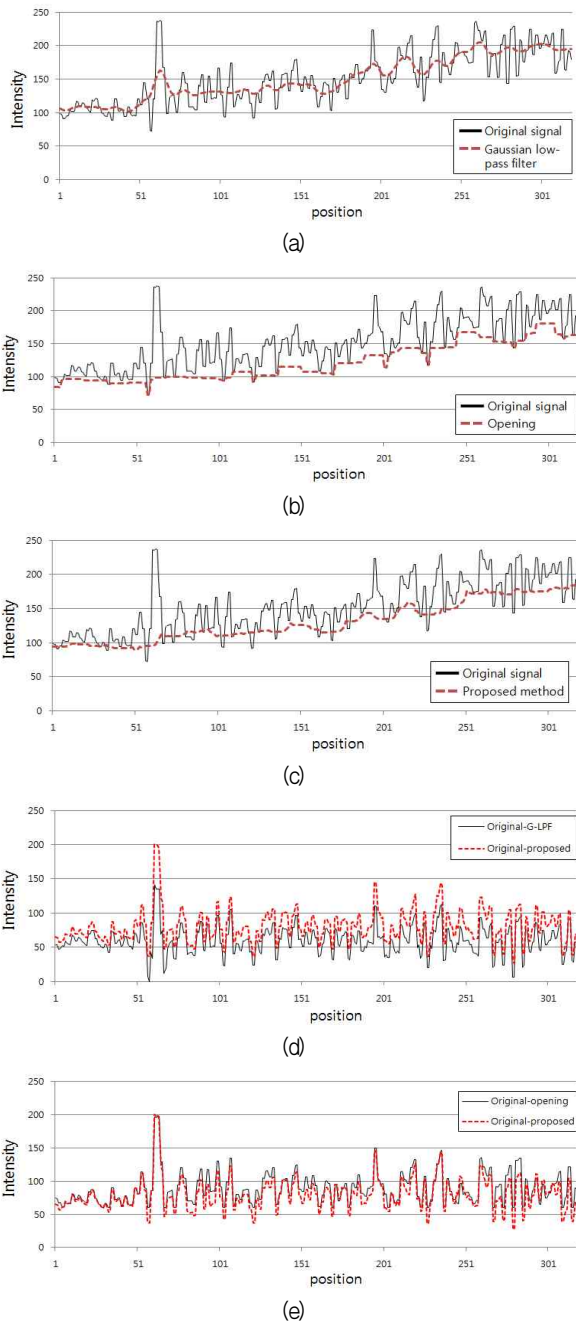


그림 10. 기존 방법과의 해수면 온도 분포 추정 결과 비교: (a) 가우시안 저역통과필터 결과, (b) 열림 연산 결과, (c) 제안 알고리즘을 이용한 OTF 추정 결과, (d) 가우시안 저역통과필터와 제안 알고리즘의 결과 비교, (e) 열림 연산과 제안 알고리즘의 결과 비교

Fig. 10. Comparison with previous methods: (a) Gaussian lowpass filter, (b) Opening operation, (c) Proposed method, (d) Comparison of results between gaussian LPF and proposed method, (e) Comparison of results between opening operation and proposed method

그림 11과 그림 12는 각각 어두운 띠가 존재하는 조건과 난반사의 영향이 많은 환경에서 획득된 영상에 대한 알고리즘의 성능 비교를 나타낸다.

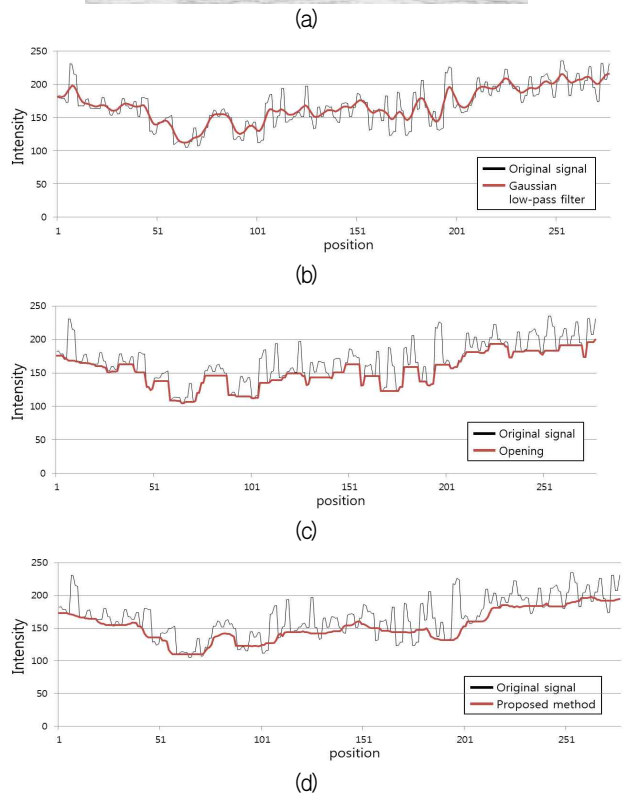
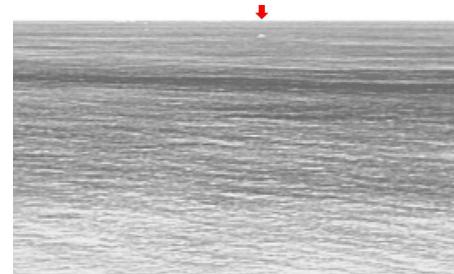


그림 11. 기존 방법과 제안 알고리즘 성능 비교: (a) 원 영상, (b) (a)에 표시된 열에 대한 가우시안 저역 통과 필터 결과, (c) (a)에 표시된 열에 대한 열림 연산 결과, (d) (a)에 표시된 열에 대한 제안 알고리즘 적용 결과

Fig. 11. Performance comparison with previous methods: (a) Original image, (b) Gaussian lowpass filter, (c) Opening operation, (d) Proposed method

어두운 띠가 존재하고 난반사의 영향이 많은 환경에서도 그림 11(b)와 그림 11(c)의 가우시안 저역통과 필터와 열림 연산의 결과에 비해 제안 알고리즘은 표적과 난반사의 잔존 세기를 줄이며 해수면 온도 분포를 견실하게 추정함을 확인할 수 있다.

또한 난반사가 많은 환경에서 획득된 영상의 경우에도 그림 12(b)와 그림 12(c)의 가우시안 저역통과 필터와 열림 연산의 결과에 비해 제안 알고리즘이 우수한 성능을 나타낸다.

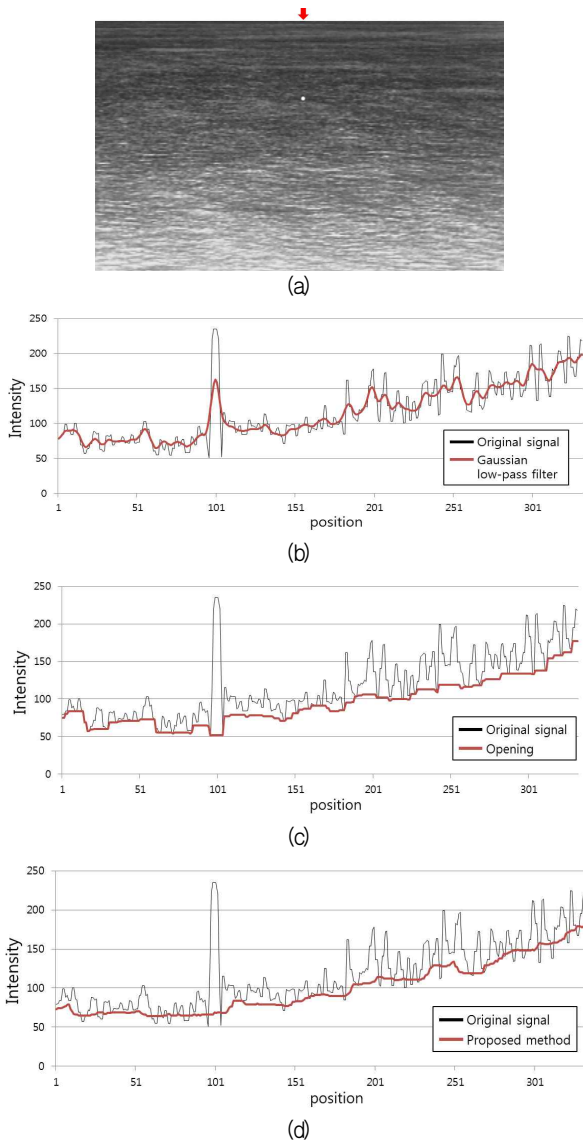


그림 12 기존 방법과 제안 알고리즘 성능 비교: (a) 원 영상, (b) (a)에 표시된 열에 대한 가우시안 저역 통과 필터 결과, (c) (a)에 표시된 열에 대한 열림 연산 결과, (d) (a)에 표시된 열에 대한 제안 알고리즘 적용 결과

Fig. 12. Performance comparison with previous methods: (a) Original image, (b) Gaussian lowpass filter, (c) Opening operation, (d) Proposed method

#### 4. 결론

본 논문은 해상 환경의IRST 시스템에서 원거리에서 접근하는 표적을 건설하게 검출하기 위해 표적 검출을 어렵게 하는 요인이 되는 불균일한 해수면 온도 분포를 효과적으로 추정하는 방법을 제안하였다. 태양광에 의해 산란되는 난반사는 영상 내에서 불균일한 해수면 온도 분포의 영향으로 표적과 비슷하거나 밝은 화소값을 가지게 되고, 이러한 경우 표적과 난반사를 구분하기 어렵다. 따라서 불균일한 해수면 온도 분포를 효과적으로 추정하기 위해 본 논문에서는

morphology pair를 이용한 해수면 온도 분포의 상한 분포와 온도가 낮은 해수면 영역을 고려한 하한 분포를 이용해 해수면 온도 분포 추정기법을 제안하였다. 또한 표적의 크기에 따라 다양한 크기의 구조요소를 이용하여 해수면 온도 분포를 추정하며, 구조요소의 크기에 따라 다중 가중치를 적용하여 크기가 큰 구조요소를 이용하는 형태학적 연산의 원신호에 대한 신호 충실도 저하 문제를 해결하였다. 실제 해상 환경에서 획득된 어두운 띠가 존재하는 영상 및 해수면 난반사가 많은 조건에서도 해수면 온도 분포 추정의 견실성을 확인하고, 기존의 방법과의 결과 비교를 통해 제안 방법의 타당성을 입증하였다.

#### 참고 문헌

- [1] S. H. Kim and J. H. Lee, "Scale Invariant Small target Detection by Optimizing signal to Clutter Ratio in Heterogeneous Background for Infrared Search and Track," *Pattern Recognition*, pp. 393-406, 2012.
- [2] R. C. Warren, "A Bayesian Track-before-Detect Algorithm for IR Point Target Detection," *Weapons Systems Division*, 2002.
- [3] X. Bai, F. Zhou and T. Jin, "Enhancement of dim small target through modified top-hat transformation under the condition of heavy clutter," *Signal Processing*, pp. 1643-1654, 2010.
- [4] S. I. Baek, W. S. Kim, T. M. Koo, I. Choi, and K. H. Park, "Inspection of Defect on LCD Panel using Polynomial Approximation," *Proceedings of TENCON*, vol. A21-24, pp. 235-238, 2004.
- [5] W. Wang, H. Pottmann and Y. Liu, "Fitting B-spline curves to point clouds by curvature-based squared distance minimization," *ACM Transaction on Graphics*, vol. 25, April 2006.
- [6] X. Bai and F. Zhou, "Infrared small target enhancement and detection based on modified top-hat transformations," *Computers and Electrical Engineering*, pp.1193-1201, 2010.
- [7] 김성호, 양유경, "라플라스 스케일스페이스 이론과 적응 문턱치를 이용한 크기 불변 표적 탐지 기법," *한국군사과학기술학회지*, 11권, 1호, 2008.
- [8] A. M. Koura, A. H. Kamal, and I. F. Abdul-Rahman, "Parzen Windows Based Protein Function Prediction using Protein-Protein Interaction Data," *International Journal of Computer Science and Network Security*, vol. 10, no. 7, pp. 123-128, 2010.
- [7] L. Vincent, "Morphological Grayscale Reconstruction in Image Analysis: Applications and Efficient Algorithms," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 2, no. 2, pp. 176-201, 1993.

저 자 소 개



**구은혜(Eun-Hye Gu)**

2009년 : 안동대학교 컴퓨터공학과 학사  
2011년 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 석사  
2011년~현재 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정

관심분야 : ATR 시스템, 영상신호처리, 패턴 인식  
Phone : 053-940-8849  
E-mail : ehgu@ee.knu.ac.kr



**조웅호(Woong-Ho Cho)**

1982년 : 경북대학교 전자공학과 공학사  
1984년 : 영남대학교 전자공학과 공학석사  
1993년 : 경북대학교 전자공학과 공학박사  
1985년~현재 : 대구공업대학 디지털전자정보계열 부교수

관심분야 : 광컴퓨팅, 광 신호처리 및 영상처리  
Phone : 053-940-8849  
E-mail : whcho@ttc.ac.kr



**박길흠(Kil-Houm Park)**

1982년 : 경북대학교 전자공학과 공학사  
1984년 : 한국과학기술연구원 공학석사  
1990년 : 한국과학기술연구원 공학박사  
1991년~현재 : 경북대학교 전자공학부 교수

관심분야 : 자동표적인식, 컴퓨터 비전, 얼굴영상인식, 의료 영상인식

Phone : 053-940-8849  
E-mail : khpark@ee.knu.ac.kr