

표적 추출을 위한 적응적 가중치 기반 FLIR 및 CCD 센서 영상 융합 알고리즘

구은혜[†], 이은영^{**}, 김세윤^{***}, 조웅호^{****}, 김희수^{*****}, 박길흠^{*****}

요 약

일반적인 ATR시스템에서는 대부분 FLIR센서에 의존하여 영상을 획득하나, 표적의 경계가 모호한 경우 건실한 표적 분할을 보장할 수 없는 한계점이 있다. 이에 본 논문은 FLIR과 CCD센서를 통해 획득된 영상에 대한 적응적 가중치 기반의 융합 방법을 제안함으로써 보다 정확한 표적 분할 성능을 재현한다. 융합을 위한 FLIR영상의 가중치는 모호한 경계를 구분하기 위한 bi-modality 척도와 표적 경계와의 거리를 통해 결정되고, CCD영상의 가중치는 표적과 배경의 질감차이를 나타내는 질감 척도와 거리 척도를 통해 도출된다. 제안 방법의 타당성 검증을 위하여 다양한 환경에서 획득된 표적 영상에 대한 제안 방법과 단일 센서 기반의 표적 분할의 성능 비교를 수행하였다.

FLIR and CCD Image Fusion Algorithm Based on Adaptive Weight for Target Extraction

Eun-Hye Gu[†], Eun-Young Lee^{**}, Se-Yun Kim^{***}, Woon-Ho Cho^{****},
Hee-Soo Kim^{*****}, Kil-Houm Park^{*****}

ABSTRACT

In automatic target recognition(ATR) systems, target extraction techniques are very important because ATR performance depends on segmentation result. So, this paper proposes a multi-sensor image fusion method based on adaptive weights. To incorporate the FLIR image and CCD image, we used information such as the bi-modality, distance and texture. A weight of the FLIR image is derived from the bi-modality and distance measure. For the weight of CCD image, the information that the target's texture is more uniform than the background region is used. The proposed algorithm is applied to many images and its performance is compared with the segmentation result using the single image. Experimental results show that the proposed method has the accurate extraction performance.

Key words: Image fusion(영상융합), Target segmentation(표적분할), Adaptive weight(적응적 가중치), Texture information(질감정보)

※ 교신저자(Corresponding Author): 박길흠, 주소: 대구광역시 북구 산격3동 경북대학교 IT 1호관 703호, 전화: 053)940-8849, FAX: 053)950-5505, E-mail: khpark@ee.knu.ac.kr

접수일: 2011년 9월 9일, 수정일: 2011년 11월 25일
완료일: 2011년 12월 21일

[†] 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(E-mail: ehgu@ee.knu.ac.kr)

^{**} 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(E-mail: leyoung2@ee.knu.ac.kr)

^{***} 준회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
(E-mail: sykim@ee.knu.ac.kr)

^{****} 준회원, 대구공업대학 디지털전자정보계열
(E-mail: whcho@ttc.ac.kr)

^{*****} 준회원, (재)경북차량용임베디드기술연구원
(E-mail: hkim@givet.re.kr)

^{*****} 정회원, 경북대학교 전자공학과

※ 본 연구는 국방과학연구소 "대함유도탄 방어 유도탄 체계개발 연구" 과제의 지원(계약번호:UD110024FD)을 통해 수행되었음.

※ 본 연구는 지식경제부 "지능형 자동차 상용화 연구기반 구축사업" 과제의 지원을 통해 수행되었음.(과제번호 : 10036509)

1. 서 론

자동표적인식(Automatic Target Recognition: ATR) 시스템은 주간뿐만 아니라 야간 환경 상에도 신뢰성 있게 표적을 탐지 및 인식하기 위해 일반적으로 FLIR(Forward Looking Infrared)센서에 의존한다. 이러한 자동표적인식 시스템은 표적의 검출, 분할, 특징 추출 및 분류로 구성되는 일련의 과정을 따르며, 이 때 표적 분할의 결과는 특징 추출 및 최종 분류 결과의 신뢰도에 매우 중요한 요소로 작용한다. 따라서 획득된 FLIR영상에 대한 건설성 있는 표적 분할 성능의 확보를 위해 다양한 임계화 방법들이 연구되어왔다.

그러나 단일 센서 기반의 영상인식 시스템은 다양한 환경 변화에 강인한 인식 성능을 재현함에 있어서 정보 부족의 한계점을 가진다. 예를 들어 FLIR센서는 표적과 주변 환경의 온도 차이를 통해 영상을 구성하므로, 표적 내부의 온도분포가 불균일하고 영상 내 표적과 배경의 경계가 모호할 경우 원하는 표적 검출 결과를 기대하기 어렵다, 한편, CCD(Charge-coupled Device)센서는 계절이나 온도의 영향이 적고 표적의 윤곽이 미세하게 표현되지만, 질감(Texture) 정보로 인해 표적 내부에도 분할 저해요소를 가지는 문제점이 있다. 반면 다중센서 기반의 영상 융합은 두 가지 이상의 센서로부터 획득된 영상의 정보를 재구성하므로, 단일 센서를 이용하는 경우에 비해 보다 다양하고 인식에 용이한 정보를 획득할 수 있다. 따라서 최근 들어 다중 센서 기반의 다양한 영상 융합 기법들이 활발히 연구되어 왔으며, 특히 화소 및 특징 레벨의 융합 방법이 대표적이다[1,2].

대표적인 화소기반 융합 방법으로서, A.Toet[3]은 CCD와 FLIR영상의 라플라시안 피라미드(Laplacian pyramid)를 구성하여 각 피라미드의 화소값 비교를 통해 융합된 영상의 피라미드를 결정하는 방법을 제안하였다. E.Lallier[4]는 IR과 가시광 영상의 융합을 위해 적응적 가중치 평균법을 이용해 하나의 융합 결과를 도출한다. 융합을 위한 가중치 결정을 위해 화소값 차이를 IR 영상의 가중치로 이용하였으며, 가시광 영상의 가중치는 국부영역의 분산정보를 이용하여 결정한다. 이와 같은 화소 기반의 영상 융합의 경우 처리가 간단하고 계산량이 적지만, 획득한 영상간의 정합에 따른 오차가 없어야 한다는 제약이

있다. 한편 특징기반 융합 방법으로서, Y.Zhou[5]는 각 영상의 특징점이 가지는 형태학정보를 이용해 각 영상에서 표적을 검출하고, 각 영상의 논리 연산 적용을 통해 융합된 영상을 도출하는 특징기반의 융합 방법을 제안하였다. H.Kwon[6]은 FLIR과 가시광센서를 이용해 획득된 영상의 4가지 특징인 국부영역 최대 화소값, 대비 차이, 그래디언트 평균, 편차를 영상 융합의 정보로 이용한다. 각 영상의 특징들은 최종적으로 표적을 추출하기 위해 적응적인 가중치를 이용해 하나의 정보로 융합된다. S.Li[7]는 다중 초점 영상의 융합을 위해 normalized cut 알고리즘을 이용해 영상을 몇 개의 영역으로 구분한다. 각 영상에 대해 구분된 영역별로 움직임 레벨을 나타내는 공간적 주파수(Spatial frequency)를 이용해 융합된 결과를 얻는다. 그러나 이러한 방법은 각 입력영상에 대해 신뢰성 있는 특징 추출 결과를 바탕으로 융합 결과를 도출하므로, 입력영상이 저해상도 영상인 경우 최종 융합 결과의 정확성을 보장하기 어렵고, 특징 추출 단계를 거쳐 융합결과를 얻으므로 계산량이 많은 문제점이 있다.

따라서 본 논문에서는 건설한 표적 분할 결과를 위해 FLIR과 CCD영상의 적응적 가중치를 이용한 영상 융합 알고리즘을 제안한다. 융합을 위한 FLIR 영상의 적응적 가중치를 결정하는 기준으로서, 각 화소가 표적으로 분류되는 정도를 나타내는 bi-modality[8]척도와 참조영역과 각 화소간의 거리 척도를 적용한다. 또한 CCD영상의 경우 FLIR영상과는 대조적으로 질감(Texture) 정보를 포함하고 있으므로, 표적과 배경의 질감 차이를 적용한 질감 척도와 거리 척도를 이용해 융합 가중치를 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장을 통해 본 논문에서 제안하는 적응적 가중치 기반의 영상 융합 알고리즘에 대해 설명하고, 3장에서는 제안 방법의 성능 입증을 위해 모형 영상에 대한 제안 방법의 적용 결과와 기존 방법과의 결과를 비교한다. 그리고 마지막 4장을 통해 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 적응적 가중치 기반의 영상 융합

표적의 추출 및 인식을 목표로 하는 ATR 시스템에서 주로 이용하는 FLIR센서를 통해 획득된 영상은 표적과 배경의 경계가 모호하고, 표적 내 온도 분포

의 불균일하므로 표적의 분할 결과는 표적의 일부가 미검출 또는 과검출 되는 문제가 발생한다. 또한 그림 1(a)와 같이 온도 분포를 이용해 영상을 구성하는 특성으로 인해 표적의 정확한 형태를 표현하지 못하는 영상의 경우 그림 1(b)의 표적 분할 결과는 표적의 특징 추출 및 인식 결과에 영향을 미친다. 그림 1(a)와 동일한 환경에서 동시에 획득된 그림 1(c) CCD영상의 경우, FLIR영상에 비해 표적의 정확한 형태를 나타내고 있다. 하지만 복잡한 배경에 존재하는 지상 표적의 경우 배경의 과검출을 유발한다.

이와 같이 단일 센서를 이용해 획득된 영상은 충분한 정보를 포함하기 어렵고, 따라서 단일 영상을 이용하는 경우 정확한 표적 분할이 어렵다. 이장에서는 단일 영상을 이용한 표적 분할 결과의 단점을 보완하기 위해 영상 융합 알고리즘을 제안한다. 그림 2는 본 논문에서 제안하는 다중 센서 영상 융합 알고리즘을 이용한 표적 분할 과정을 나타낸다.

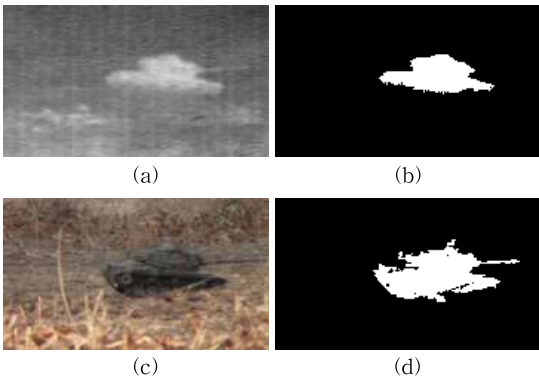


그림 1. 단일 영상을 이용한 표적 분할 결과. (a) FLIR영상, (b) (a)의 표적분할 결과, (c) CCD영상, (d) (c)의 표적분할 결과

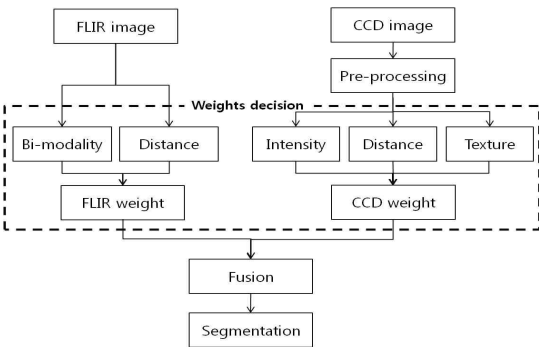


그림 2. 제한한 융합 방법을 이용한 표적 분할 과정.

2.1 FLIR영상의 융합 가중치

FLIR영상에서 표적과 배경은 일반적으로 표적이 배경보다 온도가 높은 특성에 따라 화소의 밝기 정보를 이용해 분할이 가능하다. 하지만 영상 내 표적의 온도 분포가 불균일하고 경계가 모호하므로 밝기 정보 그대로 분할에 이용하기에는 어려움이 있다. 따라서 영상의 국부 영역을 표적과 배경 영역으로 분리하는 bi-modality[8]를 표적에 높은 가중치를 부여하는 척도로 이용한다. 영상의 국부 영역 $N(p)$ 는 동질성 또는 이질성 두 가지 특성만을 가지는 것으로 가정하고, 국부 영역의 중심화소 p 가 포함된 영역이 이질적인 경우 중심화소의 밝기값 $I(p)$ 와 임계값 T 를 이용해 표적 또는 배경영역으로 추정하고 모멘트를 이용해 식 (1)과 같이 bi-modality값을 결정한다.

$$B(p) = \begin{cases} C & \text{if homogeneous} \\ (1+k) \frac{\hat{\mu}_1}{\mu_0 + \hat{\mu}_1} & \text{if heterogeneous, } I(p) \geq T \\ (1-k) \frac{\hat{\mu}_0}{\mu_0 + \hat{\mu}_1} & \text{if heterogeneous, } I(p) < T \end{cases} \quad (1)$$

이때, C 는 동질적인 영역의 검출 정도를 결정하는 상수이며, $\hat{\mu}_0$ 과 $\hat{\mu}_1$ 는 이질적인 영역 내 두 분포의 평균값이며, k 는 $0 \leq B(p) \leq 1$ 임을 고려한 상수이다. 이와 같이 bi-modality 척도를 이용해 모호한 경계를 보다 정확하게 구분지어 표현 할 수 있다. 하지만 영상 내 배경영역에도 표적 내부와 같이 높은 화소값을 가지는 영역이 존재하고, 표적 영역과 근접하게 위치하는 경우 과검출의 요소로 작용하게 된다. 따라서 표적의 경계를 추정하기 위해 전역적 임계화 방법을 이용하여 참조 표적 영역을 결정하여 윤곽선을 추출한다. 추정된 윤곽선으로부터 멀어질수록 실제 표적일 확률이 낮은 화소이므로 식 (2)를 이용해 화소값이 높더라도 가중치를 조절할 수 있게 된다.

$$D(x, y) = \frac{1}{1+k \cdot |\min(|x'-x|, |y'-y|)|} \quad (2)$$

이때, (x', y') 는 표적의 윤곽선에 해당하며, k 는 함수 값의 분포를 조정하기 위한 상수이다. 이처럼 표적 윤곽선 정보를 이용한 거리 척도는 배경에 존재하는 밝은 화소에 대해 낮은 신뢰도를 부여하는 기준이 된다.

2.2 CCD영상의 융합 가중치

CCD영상은 FLIR영상과 달리 RGB 색 정보의 이

용이 가능하지만 본 논문에서는 색 정보보다 밝기 변화에 민감하게 반응하는 인간시각특성을 반영하여 밝기 정보만을 이용한다. CCD영상의 밝기 정보 이용을 위해 조명 변화의 영향을 적게 받아 윤곽선 추출 및 인식 분야에 많이 사용되는 HSI 색공간으로 변환 후 밝기 정보 I만을 사용한다. 밝기 정보만을 이용해 구성된 영상은 일반적으로 FLIR영상의 표적과 배경의 정보와 반대로 표적의 밝기가 어두운 형태로 구성된다. 따라서 영상을 반전하게 되면 FLIR영상과 같이 표적이 배경에 비해 높은 화소값을 표현하는 영상을 얻게 된다. 전처리를 통해 얻어진 영상의 정보들 중에서도 영상 내에 포함된 공간 정보를 부각하는 질감(texture)특성은 복잡한 배경의 경우 그 변화가 매우 크고, 표적 내부는 배경에 비해 그 변화량이 적다. 이러한 이유로 질감 특성은 CCD영상에서 표적과 배경을 구분하는 유용한 정보로 이용 가능하다. 영상의 질감 특성 분석을 위한 방법으로 화소 기반의 통계적 방법을 이용한 GLCM(Grey Level Co-occurrence Matrix)[9,10,11]를 적용한다. GLCM은 영상의 밝기 등급을 양자화 하고, 각 화소와 설정된 방향의 이웃한 화소 값의 발생확률 GLCP(Grey Level Co-occurring Probabilities)를 이용해 국부 영역의 질감 특성을 표현한다. 각 방향별 화소값의 발생 확률 GLCP는 식 (3)으로 정의한다.

$$C_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{i,j=0}^{G-1} P_{ij}} \quad (3)$$

이때 P_{ij} 는 각 방향별 i 와 j 화소 값의 발생 빈도를 의미하고, G 는 양자화 레벨이다. 화소간의 방향이 많을수록 계산량이 증가하므로, 본 논문에서는 화소간의 방향을 기본적으로 4방향($0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$)으로 정하고 각 방향의 평균값을 적용한다.

GLCP로 표현된 행렬 GLCM을 이용해 질감 특징을 결정하는 통계값에는 Energy, Contrast, Correlation등 여러 가지가 있지만, 그중에서도 명암도의 차이가 큰 화소가 많을수록 높은 값을 가지는 식 (4)의 Dissimilarity 통계값을 적용해 융합가중치 결정을 위한 질감 척도 T 를 식 (5)와 같이 정의한다.

$$S(x,y) = 1 - \left(\sum_{i,j=0}^{G-1} C_{ij} |i-j| \right) \quad (4)$$

$$T(x,y) = 1 - \left(\alpha \cdot \sum_{(x',y') \in N} |S(x,y) - S(x',y')|^2 \right) \quad (5)$$

여기서 α 는 T 의 최대값을 결정하기 위한 상수이다. 그림 3은 질감 척도 T 를 이용해 구성된 영상으로, 질감정보가 표적과 배경을 구분하는 있는 중요한 요소임을 확인할 수 있다.



그림 3. CCD영상의 질감 특성. (a) CCD영상의 밝기 영상, (b) (a)의 질감 특성 영상

2.3 다중 센서 영상 융합

FLIR과 CCD영상의 융합 가중치를 결정하기 위한 영상의 다양한 정보들은 영상의 특성을 기반으로 각 화소가 표적에 포함될 확률을 나타낸다. 이러한 영상의 가중치 결정 척도를 이용해 식 (6)과 같이 융합 가중치를 정의한다.

$$w_{ir}(x,y) = B_{ir}(x,y) \cdot D_{ir}(x,y) \quad (6)$$

$$w_{ccd}(x,y) = I_{ccd}(x,y) \cdot T(x,y) \cdot D_{ccd}(x,y)$$

그림 4는 그림 4(a)의 FLIR영상의 40번째 행의 가중치 결정과정을 나타낸다. FLIR영상의 융합 가중치 w_{ir} 은 영상 내 밝기 값이 높고 윤곽선에서 가까운 영역에 높은 가중치를 부여한다. 따라서 그림 4(d)에서 확인할 수 있듯이, 최종적으로 FLIR영상의 표적부분의 정보만을 강조하는 적응적 융합 가중치를 결정하게 된다.

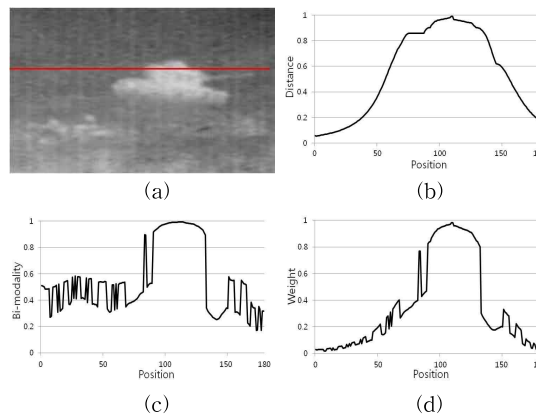


그림 4. FLIR영상의 가중치 결정 과정. (a) FLIR영상, (b) 거리척도, (c) Bi-modality척도, (d) 도출된 가중치

CCD영상의 가중치 역시 화소 값이 높고 윤곽선에 가까운 화소에 높은 가중치를 부여하게 된다. 또한 표적영역의 결정에 중요한 요소인 질감 정보를 반영하여 균일한 질감을 가지는 표적부분을 판단하여 적응적으로 가중치를 결정하게 된다. 그림 5는 그림 5(a)의 CCD영상의 57번째 행의 가중치 결정과정을 나타낸다.

이와 같이 결정된 각 영상별 가중치를 이용해 최종적으로 두 영상을 융합한다. 융합된 영상의 화소값은 식 (7)을 통해 결정된다.

$$F(x,y) = \lambda I_{ir}(x,y)w_{ir}(x,y) + (1-\lambda)I_{ccd}(x,y)w_{ccd}(x,y) \quad (7)$$

이때, λ 영상의 신뢰도를 표현하는 상수이다.

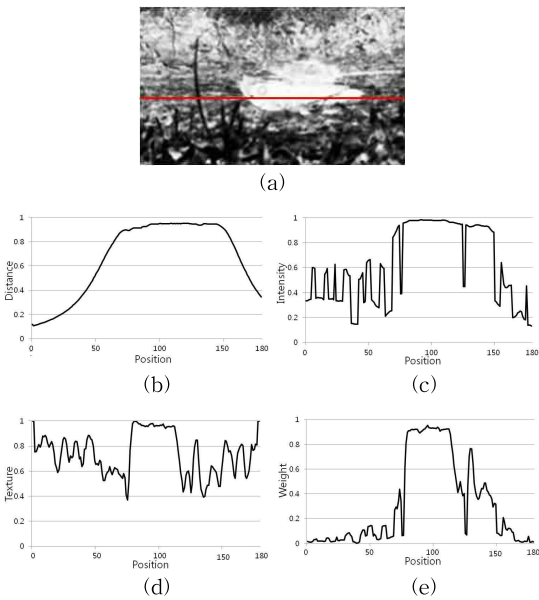


그림 5. CCD영상의 가중치 결정 과정. (a) CCD영상, (b) 거리척도, (c) 밝기 값, (d) 질감척도, (e) 도출된 가중치

3. 실험 및 고찰

제안한 알고리즘의 적합성을 증명하기 위해 단일 영상만을 이용해 분할한 결과와 제안 방법을 이용해 융합된 영상의 분할 결과를 비교한다. 실험용 PC는 2.8GHz Core i7 CPU와 4GByte memory 사양이며, 실험은 180×100 크기의 실제 상황과 비슷한 환경에서 실패적의 1/32 크기 모형을 사용해 획득된 FLIR과 CCD영상에 적용되었다.

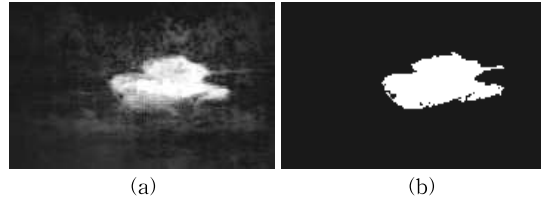


그림 6. 제안한 융합 방법의 결과 및 표적 분할 결과. (a) 융합된 영상, (b) (a)의 분할결과

그림 6은 제안 알고리즘을 적용해 융합된 영상을 이용한 표적 분할 결과를 비교한다. 그림 1(a)의 FLIR센서로 획득된 영상은 표적 내 온도 분포가 불균일하고, 표적의 전반적인 형태가 동일한 환경에서 획득된 그림 1(c)에 비해 정확하게 표현 되지 않아 분할 결과는 표적의 전반적인 형태를 표현하지 못한다. 또한 CCD영상의 경우에도 복잡한 배경의 영향으로 인해 표적의 과검출이 문제가 발생한다.

반면, 그림 6(a)의 제안한 알고리즘을 통해 융합된 영상은 FLIR영상에서 표적 내부의 불균일한 화소 분포의 문제와 배경의 밝은 영역에 관한 정보를 배제하면서도 CCD영상에서의 복잡한 배경 정보를 줄이고 표적의 전반적인 형태를 반영하는 정보를 반영한다. 따라서 융합된 영상을 이용한 표적 분할 결과는 단일 센서 영상을 이용한 분할 결과의 미검출 및 과검출 문제를 해결하며 표적의 전반적 형태를 비교적 견실하게 분할한 결과를 나타낸다.

알고리즘을 통해 융합된 영상을 이용한 표적 분할 결과의 수치적 평가를 위해 식 (8)의 성능 지수 SP [12]를 이용하였다.

$$SP = \frac{cnt(S_A \cup S_M) - cnt(S_A \cap S_M)}{cnt(S_A \cup S_M)} \quad (8)$$

여기서, S_A 는 퍼지 임계화 방법[12]을 이용해 분할된 영역의 화소 집합이고 S_M 은 ground truth이다. SP 의 값이 0일 때 완전한 분할 결과를 의미하며, 1인 경우 완전히 잘못된 분할을 나타낸다. 그림 7, 그림 8 그리고 그림 9의 FLIR, CCD, 융합 영상에 대한 분할 결과 (a), (c), (e)의 SP 값은 제안 알고리즘을 적용하여 융합한 영상을 이용한 분할이 보다 견실한 결과임을 증명한다.

제안 알고리즘의 성능을 분석하기 위해 동일한 조건에서 획득된 70장의 FLIR과 CCD영상에 대한 평균 SP 를 비교하면, 표 1에서 알 수 있듯이 제안 알고

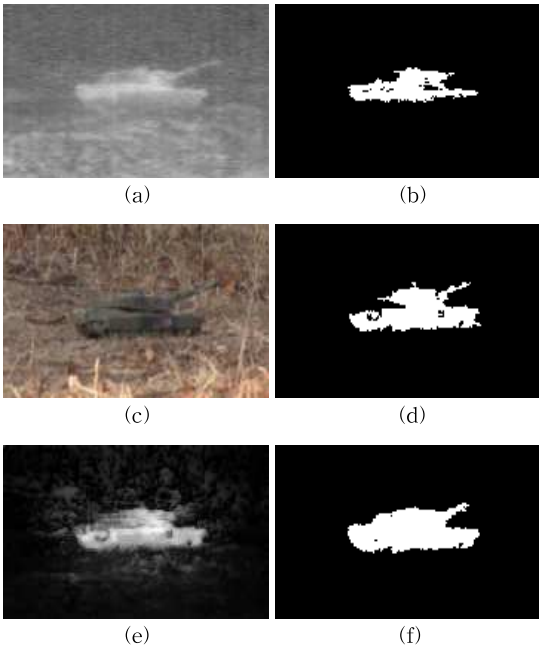


그림 7. 표적 분할 결과 비교. (a) FLIR영상, (b) (a)의 표적 분할 결과($SP=0.55$), (c) CCD영상, (d) (b)의 표적 분할 결과($SP=0.24$), (e) 융합된 영상, (f) (e)의 표적 분할 결과($SP=0.12$)

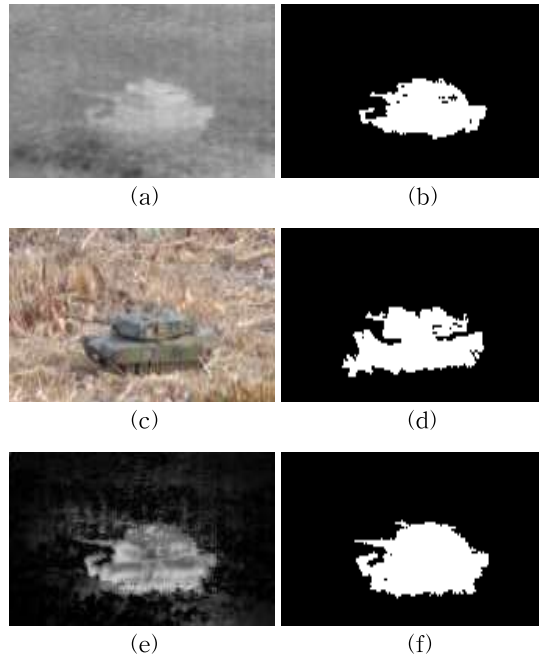


그림 9. 표적 분할 결과 비교. (a) FLIR영상, (b) (a)의 표적 분할 결과($SP=0.34$), (c) CCD영상, (d) (b)의 표적 분할 결과($SP=0.84$), (e) 융합된 영상, (f) (e)의 표적 분할 결과($SP=0.26$)

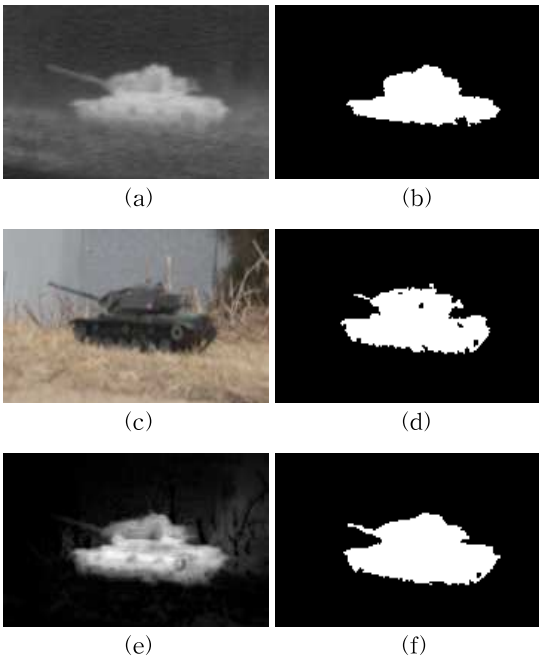


그림 8. 표적 분할 결과 비교. (a) FLIR영상, (b) (a)의 표적 분할 결과($SP=0.28$), (c) CCD영상, (d) (b)의 표적 분할 결과($SP=0.33$), (e) 융합된 영상, (f) (e)의 표적 분할 결과($SP=0.19$)

표 1. 각 영상에 대한 평균 SP 비교

Input image	SP value
FLIR image	0.3908
CCD image	0.2514
Fused image	0.1774

리즘을 이용한 표적 분할 결과가 단일 영상을 이용한 분할 결과에 비해 우수함을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 FLIR과 CCD영상의 적응적 가중치를 이용한 융합 알고리즘을 제안하였다. FLIR영상의 모호한 경계를 분할하기 위한 bi-modality와 윤곽선에서의 거리를 이용해 영상 내 화소값이 높고 윤곽선으로부터 거리가 가까운 영역에 대해 높은 가중치를 결정하였다. 또한 CCD영상에서 표적 내 질감정보가 균일한 특성을 이용한 질감척도와 밝기 정보를 이용하여 적응적 가중치를 결정하였다. 각 영상의 가중치를 이용해 융합된 영상은 복잡한 배경이 제거되고

표적의 전반적인 형태 정보를 포함하는 결과를 도출한다. 제안한 알고리즘을 적용하여 융합된 영상의 분할 결과는 단일 영상을 이용한 분할보다 견실한 표적 분할 결과를 확인하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 ATR 시스템뿐만 아니라 주야로 감시를 필요로 하는 장소의 무인 감시 시스템 및 건물경계등의 분야에도 응용가능하다. 향후 과제는 입력영상의 신뢰도를 영상특성에 따라 결정하여 각 영상의 융합에 영상별 신뢰도를 적응적으로 적용하는 방법에 관한 연구가 병행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] R.S. Blum and Z. Liu, *Multi-Sensor Image Fusion and Its Applications*, CRC Press, Taylor and Francis Group, Florida, USA, 2006.
- [2] 윤상철, 고한석, “역광 보정을 위한 노출 시간이 다른 두 영상 융합,” 한국멀티미디어학회 춘계 학술발표대회논문집, pp. 21-24, 2006.
- [3] A. Tet, V. Ruyven, and J.M. Valetton, “Merging Thermal and Visual Images by a Contrast Pyramid,” *Optical Engineering*, Vol.28, No.7, pp. 789-792, 1989.
- [4] E. Lallier and M. Farooq, “A Real Time Pixel-Level Based Image Fusion Via Adaptive Weight Averaging,” *Proc. Int. Conf. Information Fusion*, Vol.2, pp. WEC3_3-WEC3_13, 2000.
- [5] Y. Zhou, A. Mayyas, A. Qattawi, and M. Omar, “Feature-level and Pixel-level Fusion Routines When Coupled to Infrared Night-vision Tracking Scheme,” *Infrared physics & Technology*, Vol.53, No.1, pp. 43-49, 2010.
- [6] H. Kwon, S.Z. Der, and N.M. Nasrabadi, “Adaptive Multisensor Target Detection using Feature-Based Fusion,” *Optical Engineering*, Vol.41, No.1, pp. 69-80, 2002.
- [7] S. Li and B. Yang, “Multifocus Image Fusion using Region Segmentation and Spatial Frequency,” *Image and Vision Computing*, Vol. 26, No.27, pp. 971-979, 2008.
- [8] H.Y. Lee, S.Y. Kim, J.H. Kim, D.M. Kwak, B.J. Choi, Y.B. Joo, and K.H. Park, “Target Extraction in FLIR Image using Bi-modality of Local Characteristic and Chamfer Distance,” *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, Vol.19, No.3, pp. 304-310, 2009.
- [9] R.F. Walker, “Genetic Algorithm Optimization of Adaptive Multi-scale GLCM Features.” *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, Vol.17, No.5, pp. 17-39, 2002.
- [10] 이병일, 최현주, 최홍국, “질감 특징의 영상화 기법에 관한 연구,” 한국멀티미디어학회 춘계 학술발표논문집, pp. 167-172, 2001.
- [11] T.Y. Kim, H.J. Choi, and H.K. Choi, “Evaluation of Volumetric Texture Features for computerized Cell Nuclei Grading,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol.11, No.12, pp. 1635-1648, 2008.
- [12] S.G. Sun and H.W. Park, “Segmentation of Forward-looking Infrared Image using Fuzzy Thresholding and Edge Detection,” *Optical Engineering*, Vol.40, No.11, pp. 2638-2645, 2011.



구 은 혜

2005년 3월~2009년 2월 안동대학교 컴퓨터공학과 공학사
2009년 3월~2011년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학석사
2011년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정

관심분야 : 영상처리, 표적추출, 패턴인식



조 응 호

1982년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
1984년 2월 영남대학교 전자공학과 공학석사
1993년 2월 경북대학교 전자공학과 공학박사

1985년~현재 대구공업대학 디지털전자정보계열 부교수
관심분야 : 광컴퓨팅, 광 신호처리 및 영상처리



이 은 영

2004년 3월~2008년 2월 동아대학교 전자공학과 공학사
2009년 3월~2011년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학석사
2011년 3월~현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정

관심분야 : 영상신호처리, 패턴인식, 표적인식



김 희 수

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
1993년 2월 경북대학교 전자공학과 공학석사
2001년 8월 경북대학교 전자공학과 공학박사

1993년~1994년 한국통신 통신망연구소 근무
1995년~1998년 SK텔레콤 중앙연구원 근무
2008년~현재 (재)경북차량용임베디드기술연구원 선임연구원

관심분야 : 실시간 영상처리, 스마트 카메라 구조



김 세 윤

2000년 3월~2005년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학사
2005년 3월~2007년 2월 경북대학교 전자공학과 공학석사
2007년 3월~2011년 8월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 공학박사

2011년 9월~현재 삼성전자 DS총괄
관심분야 : LCD inspection, Biometrics, Machine Vision



박 길 흠

1982년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
1984년 2월 한국과학기술연구원 공학석사
1990년 2월 한국과학기술연구원 공학박사

1991년~현재 경북대학교 전자공학과 교수
관심분야 : 자동표적인식, 컴퓨터 비전, 얼굴영상인식, 의료영상인식