

발산 방향성 강조 대칭변환을 이용한 표적 검출

Target extraction using divergent-direction-emphasis symmetry transform

전준형* · 이희열* · 최병재** · 박길흠*

Jun-Hyung Jun, Hee-Yul Lee, Byung-Jae Choi and Kil-Houm Park

* 경북대학교 전자공학과

** 대구대학교 전자공학부

요 약

본 논문은 FLIR(forward looking infra-red) 영상에서 효과적인 표적검출이 가능하도록 명도값의 변화방향이 발산하는 경우의 대칭성을 강조한 발산 방향성 강조 대칭변환(DDEGST, divergent-direction-emphasis generalized symmetry transform)을 제안한다. 제안된 방안에서는 명도값의 변화방향이 발산하는 경우의 대칭도가 강조 될 수 있도록 일반화 대칭변환의 위상 가중함수를 여현함수 대신 지수함수를 사용해서 표적의 명도값이 배경에 비해 상대적으로 크게 나타나는 FLIR 영상에서 효과적인 표적 검출이 가능하도록 한다. 제안한 표적 검출 방안의 성능을 평가하기 위해, 실험에서는 기존의 GST 변환 방법과 제안 방법을 비교, 분석한다. 제안 방법이 FLIR 영상에서 우수한 성능을 가짐을 증명한다.

키워드 : 적외선 영상, 표적 검출, 일반화 대칭 변환

Abstract

This paper propose the DDEGST(divergent-direction-emphasis generalized symmetry transform) which emphasis the symmetry of divergent intensity orientation for effective target extraction in FLIR(forward looking infra-red) images. In the proposed method, we use the exponential function instead of cosine function as a phase weight function in the generalized symmetry transform for effective target extraction in FLIR images which contain a target with higher intensity than a background intensity. To evaluate the performance of the proposed method, we compare the proposed mehtod with conventional GST method in experiments. We prove that the proposed method have better performance in IR images.

Key Words : IR image, target extraction, GST

1. 서 론

무인감시정찰(Surveillance and Reconnaissance) 분야의 대표적 무인화기술인 자동표적인식(Automatic Target Recognition; ATR) 기술은 표적 검출, 분할, 특징추출 및 인식과정으로 구성된다. 표적 검출은 인식을 위한 기본단계로서 표적에 대한 정확한 검출은 정확한 인식을 위해 반드시 필요한 중요한 단계이다 [1,2].

야간에 영상획득이 가능하다는 장점으로 인해 군사 분야에서 많이 활용되고 있는 IR 영상의 경우 기후 변화, 태양의 각도나 그림자와 같은 환경변화에 따른 가변성과 저해상도 영상이라는 특징으로 인해 기존의 물체 검출방법들을 그대로 적용하는 데에는 많은 제약이 따른다. 또한 IR 영상센서를 통해 탐지된 표적에 대한 거리와 진행방향에 대한 사

진정보가 없으므로, 표적이 가질 수 있는 크기 및 다양한 자세변화의 가변성에 대해 강건하면서도 저해상도 영상이라는 특징을 고려한 표적 검출 방안에 대한 연구가 요구된다. 자동표적 인식시스템에서 인식 대상인 물체는 대부분 대칭 성분이 많이 포함된 인공물이므로 표적 검출 시 명도 기반 정보와 대칭 성분을 함께 이용하면 불규칙한 명도값을 가지는 대부분의 배경으로부터 대칭성분을 상대적으로 많이 포함한 표적 검출이 좀 더 효과적인 효과적일 수 있다.

GST를 이용한 연구는 여러 분야에 응용되어 왔고, 성능 향상에 관해서도 많은 연구가 이루어지고 있다. Gesu 등 [3]은 환형 대칭 변환을 주목 연산자로 제안하고 이를 이용하여 영상 내에 존재하는 원형의 물체를 검출하였으며, Reissfeld 등 [4]은 화소의 명도 변화의 크기와 방향을 이용하여 일정 영역 내에서 대칭성이 강한 부분을 부각시키는 일반화 대칭 변환(generalized symmetry transform: GST)을 제안하였다. 이를 이용하면 대상 물체의 형태와 명도에 대한 사전 정보 없이도 일반 물체나 사람의 얼굴, 눈, 입 등의 관심 영역을 검출할 수 있도록 하였다. 그리고 Heo 등 [5]은 RBFN(radial basis function network)을 변형하여 GST를 구현함으로써 실시간으로 대칭 변환을 할 수 있는 방안을 제시하였으며, Goo 등 [6]은 물체 검출과 동시에 물

접수일자 : 2010년 4월 23일

완료일자 : 2010년 9월 20일

* 본 연구는 국방과학연구소 “표적획득지능화 연구” 과제의 지원(계약번호:UD080034ID)을 통해 수행되었음.

* 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술평화지원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

체의 에지 성분을 강조하도록 RBFN을 변형하여 GST를 변형 구현하고 이를 피라미드 구조화된 입력 영상에 적용함으로써 단일 마스크에 의한 임의 물체의 검출뿐만 아니라 그 물체의 분할에도 이용할 수 있도록 하였다. 또한, Parson 등 [7]은 원하는 크기의 물체를 검출하고 물체의 특징을 추출할 수 있도록 특정 거리의 화소에 의한 대칭성이 더 많이 반영되도록 GST를 변형 구현하였다. 한편 Park 등 [8]은 GST의 위상가중 함수인 여현함수를 수정하여 풀밭 등과 같은 균일 배경 영역에서의 불규칙적인 대칭 성분들을 상호 상쇄시켜 배경 영역에서의 대칭 성분 추출이 억제되도록 하는 잡음에 강인한 NTGST(noise tolerant GST)를 제안하였다.

대칭성을 기반으로 한 이들 주목 연산자에 관한 연구들은 GST를 특정 목적을 위해 구현함으로써 각각 목적인 대로의 응용에서는 좋은 효과를 얻었다. 그러나 저해상도 영상이면서 검출대상인 표적이 배경에 비해서 상대적으로 큰 명도값 분포를 가지는 IR 영상에서의 표적검출에 진술한 주목 연산자에 관한 연구들을 그대로 적용하기는 힘들다. IR 영상은 표적의 명도값이 배경에 비해 상대적으로 크므로 인해 명도값의 변화방향이 발산한다는 특징을 가진다. 따라서 IR영상내의 표적검출에 대칭변환을 이용하기 위해서는 명도값의 변화방향이 발산하는 대칭성분이 수렴하는 방향의 대칭성분에 비해 더 크게 반영될 수 있도록 대칭변환을 변형시켜야 된다.

본 논문에서는 FLIR 영상에서 효과적인 표적검출이 가능하도록 명도값의 변화방향이 발산하는 경우의 대칭성을 강조한 발산 방향성 강조 대칭변환을 제안하였다. 제안된 방안에서는 발산 및 수렴영역을 정의한 후 FLIR 영상 내에서 효율적인 표적검출을 위해 명도값의 변화방향이 발산하는 대칭성분이 수렴하는 방향의 대칭성분에 비해 더 크게 대칭성에 반영될 수 있도록 위상가중 함수를 지수함수로 사용하였다. FLIR영상에서의 물체 검출 실험을 통해 제안된 발산방향성 강조 대칭변환이 발산하는 성분이 많이 포함된 FLIR영상에서의 물체 검출에 효과적임을 확인하였다.

먼저 2장에서 기존의 일반화 대칭 주목 연산자에 대해 개괄적으로 살펴본 후 3장에서는 IR영상에서의 표적 검출에 용이하도록 일반화 대칭변환의 위상가중 함수를 변형시킨 발산방향성 강조 대칭변환에 대해 설명하고, 4장에서는 실제 FLIR 영상에서의 검출 성능을 실험을 통해 분석한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 일반화 대칭 주목 연산자

Reisfeld 등 [4]은 물체의 형태 분석 등에 사용되던 대칭변환을 일반화하여 그림 1(a)에 나타낸 바와 같이 각 화소의 명도 변화의 크기와 방향을 이용하여 일정 영역 내에서 대칭성이 강한 부분을 부각시키는 GST를 제안하였다. 각 화소의 명도변화의 크기 r_k 및 그 방향 θ_k 는 다음과 같이 정의된다.

$$r_k = \log(1 + \|\nabla g_k\|) \quad (1)$$

$$\theta_k = \arctan\left(\frac{\partial g_k}{\partial y} / \frac{\partial g_k}{\partial x}\right) \quad (2)$$

식에서 g_k 는 위치 (x_k, y_k) 에서의 화소 p_k 의 명도

(intensity)를 의미하고, ∇g_k 는 화소의 명도변화(intensity gradient)를 의미하며 다음 식과 같이 구할 수 있다.

$$\nabla g_k = \left(\frac{\partial g_k}{\partial x}, \frac{\partial g_k}{\partial y}\right) \quad (3)$$

명도변화 방향으로부터 두 화소의 명도변화 방향이 서로 대칭일수록 큰 값을 출력하는 위상 가중 함수 (phase weight function) $P(i, j)$ 는 다음과 같다.

$$P(i, j) = [1 - \cos(\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij})][1 - \cos(\theta_i - \theta_j)] \quad (4)$$

식에서 α_{ij} 는 그림 1(a)에 나타낸 바와 같이 화소 p_i 와 p_j 을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도를 의미하며 그림 1(b)에서 보는 바와 같이 서로 마주보는 방향일 때와 서로 반대 방향일 때를 구분하지 않고 대칭 정도가 같은 경우에는 같은 값을 출력하게 된다. 그리고 두 화소의 거리가 가까울수록 큰 값을 출력하는 거리 가중 함수 (distance weight function) $D_\sigma(i, j)$ 는 다음 식으로 정의된다.

$$D_\sigma(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{\|p_i - p_j\|}{2\sigma}\right) \quad (5)$$

식에서 σ 는 대칭 변환할 영역의 크기를 나타낸다. 그리고 두 화소의 대칭 정도를 의미하는 대칭 기여도 $C(i, j)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$C(i, j) = D_\sigma(i, j) P(i, j) r_i r_j \quad (6)$$

따라서 대칭 기여도는 두 화소의 명도변화 방향이 대칭일수록, 두 화소의 거리가 가까울수록, 두 화소의 명도변화 크기가 클수록 큰 값을 가지게 된다. 대칭 화소 집합을

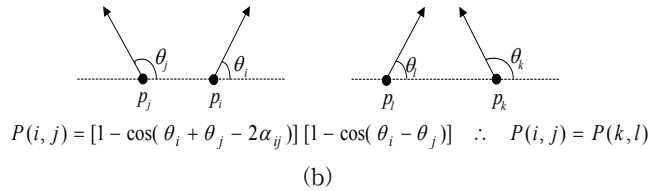
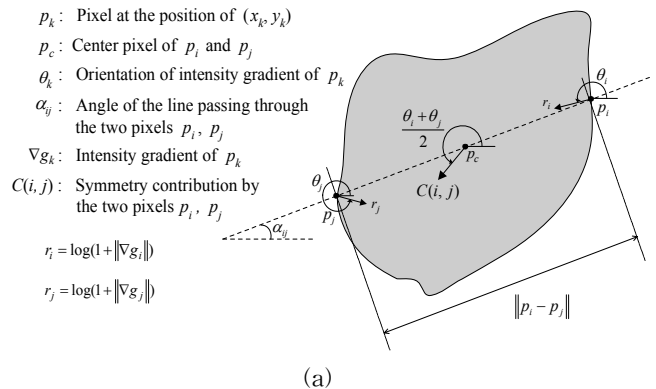


그림 1. GST: (a) 화소의 명도변화 크기 r_k 와 그 방향 θ , (b) 위상 가중 함수의 특징
 Fig. 1. GST: (a) The magnitude r_k and the orientation θ of the intensity gradient of pixels, (b) the characteristics of cosine phase weight function.

$$\Gamma(p) = \left\{ (i, j) \mid \frac{p_i + p_j}{2} = p \right\} \quad (7)$$

이러 할 때, 대칭 화소 집합에서 정의되는 중심 위치의 화소 p 의 대칭 정도를 의미하는 대칭도 $M_\sigma(p)$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$M_\sigma(p) = \sum_{(i, j) \in \Gamma(p)} C(i, j) \quad (8)$$

영상에 일반화 대칭변환을 적용할 경우, 각 화소의 대칭도를 나타내는 대칭도 맵에서 첨두치를 구함으로써 영상에 대한 사전 정보 없이도 대칭성분이 많이 포함된 물체의 위치 및 기타 대칭성 기반 관심영역을 추출할 수 있다.

그러나 일반화 대칭변환의 경우 수렴과 발산하는 명도값의 변화방향을 대칭성에 모두 반영시킨다. 따라서 표적의 명도값이 배경에 비해 상대적으로 크므로 인해 명도값의 변화방향이 발산한다는 특징을 가지는 IR 영상의 물체 검출에 일반화 대칭변환을 그대로 적용하기는 어려움이 따른다. 본 논문에서는 IR영상내의 표적검출에 대칭변환을 이용하기 위해 명도값의 변화방향이 발산하는 대칭성분이 수렴하는 방향의 대칭성분에 비해 더 크게 대칭성에 반영될 수 있도록 대칭변환의 위상가중 함수를 변형시킨 새로운 대칭변환을 제안하고자 한다.

3. 발산 방향성 강조 대칭변환

3.1 명도 변화에 따른 수렴과 발산

기존의 일반화 대칭변환을 포함한 주목연산자들은 물체의 대칭성을 부각시킴으로써 물체를 검출한다. 한편 Park등은 대칭성이 강한 불규칙한 잡음과 규칙적인 배경 무늬나 풀밭과 같은 거친 질감의 배경에 의한 대칭 기여도 누적을 방지하기 위해 화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산 특성을 이용하여 잡음에 의한 영향을 줄인 NTGST를 제안하였다 [8]. 그러나 이들 주목연산자들은 대칭성이 강한 부분을 부각시키기 위해 화소들의 명도변화 크기와 수렴 및 발산방향의 대칭성을 모두 대칭 기여도에 누적시키기 때문에, 발산 방향에 대한 대칭성이 강한 IR영상에서의 물체 검출에는 어려움이 따르게 된다.

본 논문에서는 IR 영상과 같은 특수한 영상에서도 물체 검출이 용이하도록 수렴 및 발산 방향의 대칭성을 그 반영 정도에 따라 달리 대칭기여도에 반영시킬 수 있도록 지수함수를 사용한 발산 방향성 강조 대칭변환을 제안하였다. 배경보다 어두운 물체가 존재하는 영역에서는 그림 2에서 보는 바와 같이 화소의 명도 변화 방향이 물체의 내부로 수렴하는 방향이며, 배경보다 밝은 물체가 존재하는 영역에서는 화소의 명도변화 방향이 물체의 외부로 발산하는 방향이다.

화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산을 구분하기 위해 그림 3은 두 화소의 수렴과 발산의 좋은 모델과 두 화소의 명도변화 방향의 대칭성이 가장 적은 예를 보여준다. (a)는 두 화소의 명도변화 방향이 물체 내부로 수렴하는 가장 좋은 예를 나타내고 (b)는 물체 외부로 발산하는 가장 좋은 예를 나타낸다. 반면, (c)과 (d)는 두 화소의 명도변화 방향의 대칭성이 가장 작게 나타나는 두 가지 경우를 보여주고 있다.

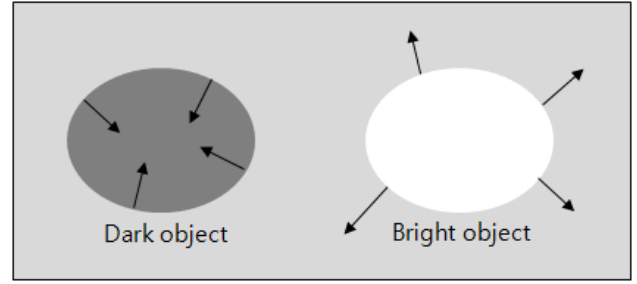


그림 2. 물체의 밝기에 따른 명도 변화 방향 비교
Fig. 2. The direction of the intensity gradient of pixels in objects of different intensities.

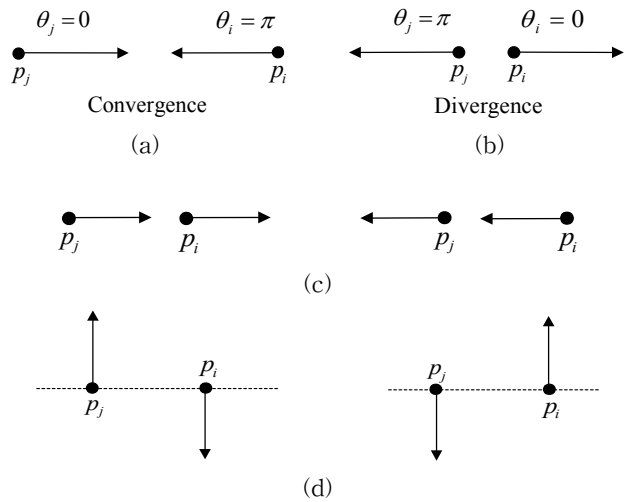


그림 3. 다른 특성을 가지는 화소의 명도 변화 방향의 예
Fig. 3. Examples of intensity gradient pairs with different properties.

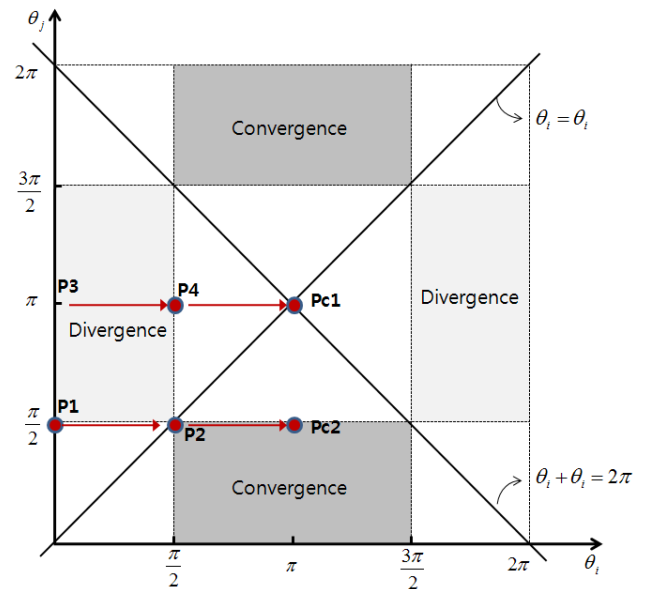


그림 4. 두 화소의 명도변화 방향에 따른 수렴과 발산
Fig. 4. The convergence and the divergence region of the orientation of the intensity gradient of two pixels.

화소의 명도변화 방향의 수렴과 발산 영역을 구분하기 위해 그림 4에 관심 물체와 배경 영역의 그레이 레벨과 두 화소의 명도변화 방향에 따른 수렴과 발산 특성을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 수렴 영역과 발산 영역을 구분하는 경계선은 $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 와 $\theta_i = \theta_j$ 이다.

그림 4에서 점 P1에서 점 P2을 지나 점 Pc2로 θ_i 의 변화에 따른 방향성은 그림 5(a)에 그리고 점 P3에서 점 P4를 지나 점 Pc1으로 θ_i 의 변화에 따른 방향성은 그림 5(b)에 각각 나타내었다.

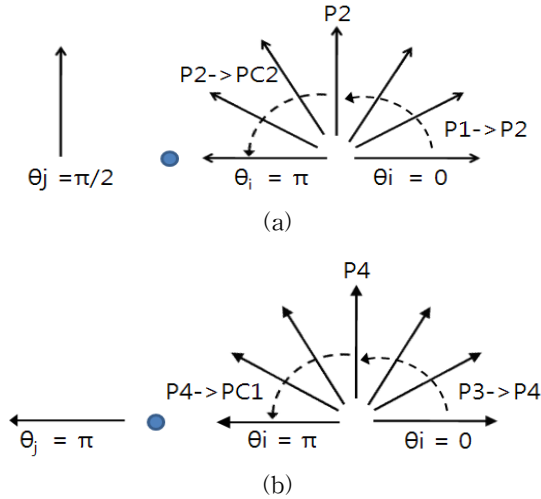


그림 5. θ_i 의 변화에 따른 방향성
Fig. 5. θ_i of the orientation of intensity gradient.

θ_i 와 θ_j 의 값이 수렴 영역과 발산 영역을 구분하는 경계선인 $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 와 $\theta_i = \theta_j$ 에 가까울수록 발산 및 수렴 대칭성이 없어짐을 그림 4와 그림 5를 통해 확인 할 수 있다. 한편 점 P3에서 발산특성은 최대가 되며 점 P4로 진행될수록 발산특성은 점점 작아지게 되고, 점 P4를 지나 점 Pc1으로 진행될수록 발산성이 점점 수렴성으로 변화됨을 확인 할 수 있다. 따라서 최종적인 수렴, 발산의 영역은 다음과 같이 정의할 수 있다.

수렴 영역 : 다음 세 가지 조건을 만족하는 영역을 수렴 영역으로 정의한다.

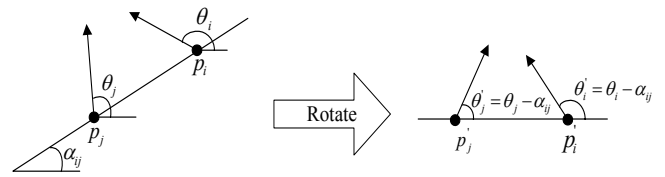
- 1) $\frac{\pi}{2} < \theta_i < \frac{3\pi}{2}$
- 2) $0 < \theta_j < \frac{\pi}{2}$ or $\frac{3\pi}{2} < \theta_j < 2\pi$
- 3) $(\theta_i - \theta_j)(\theta_i + \theta_j - 2\pi) < 0$

발산 영역 : 다음 세 가지 조건을 만족하는 영역을 발산 영역으로 정의한다.

- 1) $\frac{\pi}{2} < \theta_j < \frac{3\pi}{2}$
- 2) $0 < \theta_i < \frac{\pi}{2}$ or $\frac{3\pi}{2} < \theta_i < 2\pi$
- 3) $(\theta_i - \theta_j)(\theta_i + \theta_j - 2\pi) > 0$

3.2 발산 방향성 강조 대칭변환

본 장에서는 FLIR영상에서의 물체 검출이 용이하도록 발산 방향성이 강조된 대칭변환을 제안한다. 그림 4에 나타난 수렴과 발산영역은 두 화소가 수평선상에 존재하는 경우에 해당된다. 따라서 그림4에 나타난 수렴 및 발산영역을 임의의 위치에 존재하는 두 화소에 대해 적용하려면 임의의 위치에 존재하는 화소를 수평선상으로 이동시켜야 되며, 이는 각 화소의 명도변화 방향을 두 화소를 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도 α_{ij} 만큼 회전시켜야 됨을 의미 한다. 그림 6은 두 화소의 명도변화 방향을 회전하는 결과를 보여 준다.



- P_k : Pixel at the position of (x_k, y_k)
- θ_k : Orientation of intensity gradient of p_k
- α_{ij} : Angle of the line passing through the two pixels p_i, p_j

그림 6. 두 화소의 명도변화 방향의 회전
Fig. 6. Rotation of gradient orientation of pixels.

따라서, 그림 4에 나타난 수렴과 발산영역을 구분하는 $\theta_i + \theta_j = 2\pi$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij} = 2\pi \quad (9)$$

그림 4에서 θ_i, θ_j 가 주어졌을 때 두 경계선인 $\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij} = 2\pi$ 와 $\theta_i = \theta_j$ 와의 거리 d_1, d_2 는 다음과 같이 구해진다.

$$d_1 = \frac{|\theta_i - \theta_j|}{\sqrt{2}} \quad (10)$$

$$d_2 = \frac{|\theta_i + \theta_j - 2\alpha_{ij} - 2\pi|}{\sqrt{2}} \quad (11)$$

d_1, d_2 의 크기가 클수록 위상 가중 함수 $P(i,j)$ 의 값이 커짐을 알 수 있다. 그러나, 대칭성을 반영시키기 위한 위상 가중함수로 정현 함수나 여현함수를 사용한다면, 발산과 수렴 정도에 따른 대칭성 반영정도를 조절 할 수가 없다. 따라서 발산성분의 강조가 요구되는 FLIR영상의 물체 검출을 위해서는 발산 정도에 따른 대칭성 반영정도를 조절 할 수 있는 위상가중 함수가 필요하다. 즉, cut-off frequency 조절을 통해 발산정도에 따른 대칭성 반영정도 조절이 가능한 위상가중 함수가 요구된다.

$d_{\min} = \min(d_1, d_2)$ 라 했을 때, 위상 가중 함수는 다음 식과 같이 정의한다.

$$P(i,j) = \exp \left[-\frac{(d_{\min} - \pi/\sqrt{2})^2}{2c^2} \right] \quad (12)$$

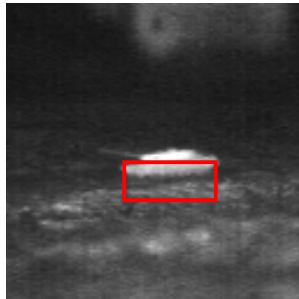
$d = d_{\min} - \frac{\pi}{\sqrt{2}}$ 라고 하면, 식 (12)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(i,j) = \exp\left[-\frac{d^2}{2c^2}\right] \quad (13)$$

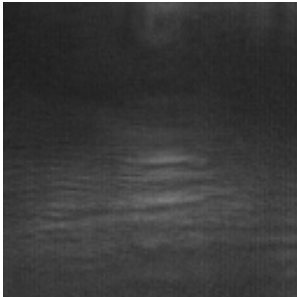
식 (13)에서 $P(i,j)$ 는 $d=0$ 일 때 최대값 1을 가지고, c 는 cut-off frequency를 나타낸다. 본 논문의 실험에서는 $c = \frac{\sqrt{2}}{4}\pi$ 로 정의하였다.

4. 실험 결과

제안한 발산방향성 강조 대칭변환이 기존의 대칭변환에 비해 발산성분을 대칭성에 잘 반영하는지를 확인하기 위해 물체와 배경 간 명도차가 비교적 큰 FLIR 영상에 실험 한 후 물체와 배경 간 명도차가 상대적으로 적은 FLIR영상에 대해 실험하였다.



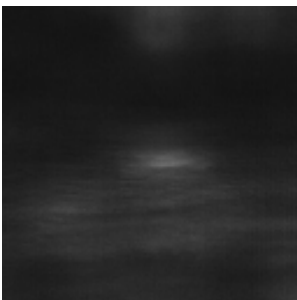
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

그림 7. FLIR 영상에 대한 결과 비교 (a)원 영상과 (b) 기존 GST를 적용한 결과와 (c) 그 때의 물체 검출 결과 그리고 (d) 제안한 대칭 방향성 강조 대칭변환을 적용한 결과와 (e) 그 때의 물체 검출 결과 (영상 크기: 256×256, 마스크 크기: 31×31)

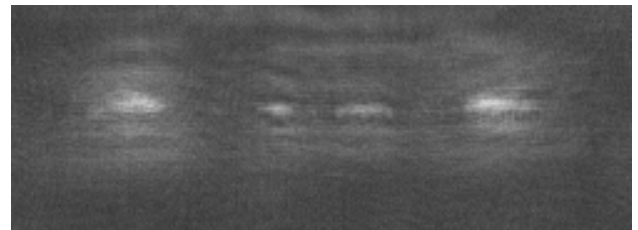
Fig. 7. Comparison of the results for FLIR Image:(a) the original image (b) the result and (c) object detection

by using the conventional GST, (d) the result and (e) object detection of the proposed operator. (image size: 256×256, mask size: 31×31)

원거리에서 촬영된 그림 7(a)의 FLIR 영상에 대해 기존의 일반화 대칭변환 [4]을 적용한 결과를 그림 7(b)에, 그림 7(b)에 단순 임계화 기법을 이용한 물체 검출결과 영상을 그림 7(c)에 그리고 위와 같은 방법으로 제안한 발산 방향성 강조 대칭변환을 적용한 결과를 7(d), 7(e)에 각각 나타내었다. 물체와 크기가 비슷하거나 큰 영역에서 명도값 분포가 일정한 방향성을 가지는 배경부분은 수렴과 발산 특징을 모두 반영시킬 경우 물체와 구분하기 힘들다. 그림 7(a)에서 붉은색 네모영역과 같이 명도값 변화가 반복되어 일정하게 나타나는 영역 즉, 명도값이 큰 부분과 명도값이 상대적으로 작은 부분 그리고 명도값이 상대적으로 큰 부분이 일정 간격을 두고 반복적으로 나타나는 영역은 상당히 강한 대칭성분을 가지게 된다. 이 경우 수렴과 발산성분을 모두 반영하는 기존의 대칭 변환에서는 이 영역에 대한 대칭성이 상당히 크게 나타나며 결국 이를 물체로 오인하게 된다. 이는 대칭변환을 수행한 결과 영상에서 단순 임계치 기법을 이용해 물체를 추출한 그림 7(c)을 통해 확인 할 수 있다. 그러나 제안한 대칭변환의 경우 발산 방향성분만 대칭성에 반영시키므로 발산성분이 강한 탱크 부분에서 가장 큰 대칭성을 나타내게 되어 물체만 검출함을 그림 7(d)과 7(e)을 통해 확인 할 수 있다. 또한 물체와 비슷한 크기를 가지는 마스크 내에서 명도 값이 큰 부분과 작은 부분이 일정한 규칙성 없이 반복적으로 나타나는 그림 7(a)의 배경부분은 시각적인 판단과 달리 대칭성이 크지 않다. 명도 값에 의한 정보만 활용하는 기존의 물체 검출에서는 이 부분들을 처리하기 watershed나 수학적 모폴로지 등과 같은 별도의 후처리 과정을 거쳐도 이 부분을 물체와 구별하기 용이하지 않다. 그러나 대칭성을 이용하는 대칭변환에서는 이런 부분들을 별도의 후처리 과정 없이 물체영역과 잘 구분해내는 것을 그림 7을 통해 확인 할 수 있다.



(a)



(b)

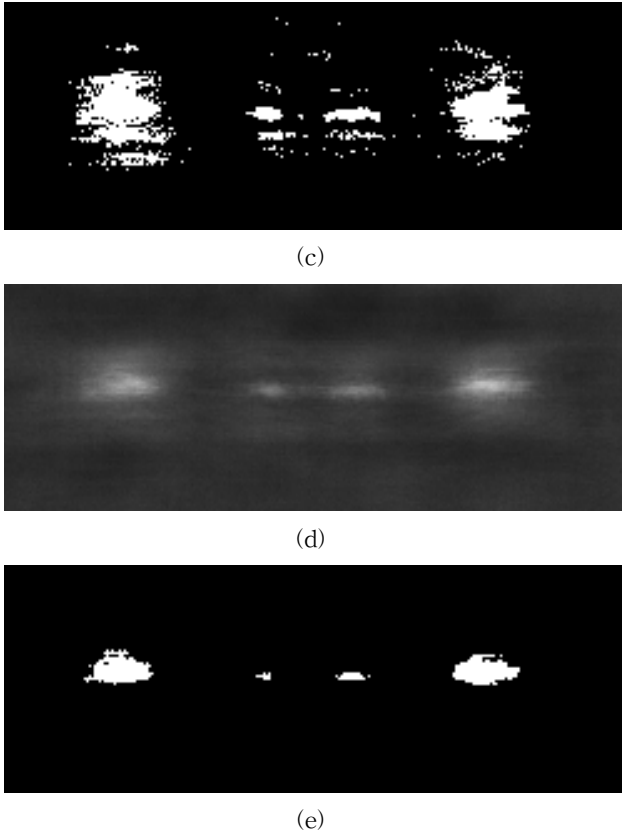


그림 8. 다중 물체를 포함한 FLIR 영상에 대한 결과 비교 (a)원 영상과 (b) 기존 GST를 적용한 결과와 (c) 그 때의 물체 검출 결과 그리고 (d) 제안한 대칭 방향성 강조 대칭변환을 적용한 결과와 (e) 그 때의 물체 검출 결과 (영상 크기: 256×256, 마스크 크기: 31×31)

Fig. 8. Comparison of the results for FLIR Image contain Multiple Objects : (a) the original image (b) the result and (c) object detection by using the conventional GST, (d) the result and (e) object detection of the proposed attention operator. (image size: 256×256, mask size: 31×31)

그림 7과 같이 물체영역과 배경의 명도값 차이가 비교적 큰 경우에는 일정한 방향성을 가지는 물체영역과 그렇지 못한 배경영역의 구분이 용이하지만 명도값 차이가 크지 않을 경우에는 물체영역에 인접한 배경영역도 물체로 오인할 수 있다. 이와 같이 물체영역과 배경의 명도값 차이가 크지 않을 경우에 대한 실험결과를 그림 8에 나타내었다. 물체와 배경 사이의 명도차가 비교적 작은 경우 물체영역에서의 발산성분 대칭도는 상대적으로 작아지게 되며 배경에서의 수렴성분 대칭도는 상대적으로 커지게 된다. 이 경우 수렴과 발산을 모두 대칭성에 반영시키는 기존 대칭변환을 적용하면 물체 영역에서의 발산 방향성 대칭도와 물체와 인접한 배경영역에서의 수렴 방향성 대칭도가 합해져서 물체 주변 영역에서도 비교적 큰 대칭성을 나타내게 된다. 그림 8(b)와 그림 8(c)는 각각 기존 GST [4]의 결과와 그의 이진화 영상을 나타내고 주변 영역이 과도하게 검출됨을 알 수 있다. 그러나 그림 8(d)과 그림 8(e)에 나타난 제안한 발산 방향성 강조 대칭변환을 이용한 결과에서의 경우, 물체에 의한 발산 성분의 대칭도만 반영시키므로 물체영역에서 큰 대

칭도를 나타냄을 확인할 수 있다. 한편 물체와 물체간 거리가 마스크 크기보다 작을 경우 수렴성분이 크게 반영되어 물체와 물체사이 부분에서의 대칭성이 강하게 나타나게 된다. 그림 8(b)과 그림 8(c)에서 보듯이 기존 대칭 변환을 적용하면 물체와 물체 사이에서도 강한 대칭성분이 나타남을 알 수 있다. 그러나 제안한 대칭변환의 경우 발산 성분만 대칭성에 반영시키므로 물체와 물체 사이에서 나타나는 수렴성분에 의한 대칭성을 효과적으로 억제시킴을 그림 8(d)과 그림 8(e)을 통해 확인할 수 있다.

제안한 위상 가중 함수를 이용한 GST의 성능을 수치적으로 분석하기 위해서, 식 (14)에 나타난 대칭도 대비 (contrast of symmetry magnitude) C_{sm} 을 이용하였다.

$$C_{sm} = \frac{L_m - L_M}{L_m + L_M} \quad (14)$$

L_m 은 GST 결과 영상의 침두 위치에서의 대칭도를 나타내고, L_M 은 GST 영상의 평균 대칭도를 나타낸다. 배경에 의한 누적 대칭도가 작고 물체에 의한 누적 대칭도가 클수록 높은 대칭도 대비를 얻을 수 있으며, 물체에 의한 누적 대칭도와 배경에 의한 누적 대칭도의 차이가 작을수록 작은 대칭도 대비를 얻는다. 그러므로, 배경에 대한 물체의 검출 능력을 표현할 수 있게 된다. 표 1에 42장의 FLIR 영상에 대한 대칭도 대비의 평균을 나타내었다. 전체 영상의 대칭도 대비의 평균을 나타내었다. 표 1을 통해 제안 방법을 통한 대칭도 대비가 기존 GST를 통한 대칭도 대비보다 크게 나타남을 알 수 있다.

표 1. 42장의 영상에 대한 C_{sm} 의 평균값 비교.

Table 1. Comparison of average of C_{sm} for 42 images.

비교 알고리즘	C_{sm} 의 평균
기존 GST	0.68
제안한 방법	0.93

5. 결 론

본 논문에서는 FLIR 영상에서 효과적인 표적검출이 가능하도록 명도값의 변화방향이 발산하는 경우의 대칭성을 강조한 발산 방향성 강조 대칭변환을 제안하였다. 제안된 방안에서는 발산 및 수렴영역을 정의한 후 발산정도에 따라 대칭성 반영정도를 조절할 수 없는 여현함수나 정현 함수 대신 지수함수를 위상가중 함수로 사용함으로써 발산정도에 따른 대칭성 반영정도 조절이 가능하도록 하였다. FLIR 영상에서의 실험을 통해 제안된 발산방향성 강조 대칭변환이 발산하는 성분이 많이 포함된 FLIR영상에서의 물체 검출에 효과적임을 확인하였다. 그리고, 식 (13)에 나타난 위상 가중함수는 적절한 cut-off frequency를 이용할 얼굴, 눈과 같은 타원형 물체에 대해 검출 성능을 높이는 연구로 향후 적용할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] B. Bhanu, "Automatic target recognition: state of

- the art survey," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. 22, no. 4, pp. 364-379, 1981.
- [2] S. G. Sun and H. W. Park, "Segmentation of forward-looking infrared image using fuzzy thresholding and edge detection," *Opt. Eng.*, Vol. 40, no. 11, pp. 2638-2645, 2001.
- [3] V. D. Gesú, C. Valenti, and L. Strinati, "Local operators to detect regions of interest," *Pattern Recognition Letters*, vol. 18, pp. 1077-1081, 1997.
- [4] D. Reisfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators: The generalized symmetry transform," *IJCV*, vol. 14, pp. 119-130, 1995.
- [5] 허연주, 박창준, 최홍문, "다중 물체 검출을 위한 관심 영역 추출자의 신경망 구현," *대한전자공학회논문지*, 제 34권 C 편, 제 9호, pp. 93-101, Sep. 1997.
- [6] 구탁모, 전준형, 최홍문, "일반화 대칭변환을 변형한 관심 연산자에 의한 사전 정보없는 다중 물체 분할," *대한전자공학회논문지*, 제 34권 C 편, 제 4호, pp. 36-44, April 1997.
- [7] C. J. Parsons and M. S. Nixon, "Introducing focus in the generalized symmetry operator," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 6, no. 3, March 1999.
- [8] C. J. Park, K. S. Seo and H. M. Choi, "Symmetric Polarity in Generalized Symmetry Transformation," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 27, no. 7, pp. 854-957, 2006.

저 자 소 개



전준형 (Joon-Hyung Jeon)

1990년 : 경북대학교 전자공학과 공학사
 1992년 : 경북대학교 전자공학과 공학석사
 2008년~현재 : 두원공과대학 디스플레이
 공학계열 부교수

관심분야 : 영상신호처리, 패턴인식
 Phone : 010-4660-2823
 E-mail : jhjeon@doowon.ac.kr



이희열 (Hee-Yul Lee)

한국지능시스템학회 논문지, 제19권 제3
 호 참조



최병재 (Byung-Jae Choi)

한국지능시스템학회 논문지, 제19권 제3
 호 참조



박길흠 (Kil-Houm Park)

한국지능시스템학회 논문지, 제19권 제3
 호 참조