

논문 2017-54-1-11

엔트로피 가중치와 웨버 법칙을 이용한 세일리언시 검출

(Saliency Detection Using Entropy Weight and Weber's Law)

이 호 상*, 문 상 환*, 엄 일 규**

(Ho Sang Lee, Sang Whan Moon, and Il Kyu Eom[©])

요 약

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서 엔트로피 가중치와 웨버 대비 도를 이용한 세일리언시 검출 방법을 제안한다. 본 논문의 방법은 기존의 일반적인 방법과 마찬가지로 국부적인 세일리언시를 결정하는 상향식 검출과 전역적인 세일리언시를 구성하는 하향식 검출을 결합하는 구조를 가진다. 먼저, CIE Lab 컬러 영상에 대하여 웨이블릿 변환을 수행하고, 저주파 부밴드에 대하여 웨버 대비도 계산하고 이를 저주파 계수에 부가하여 전역 세일리언시를 구한다. 다음으로, 고주파 부밴드의 엔트로피를 이용한 가중치를 가우시안 필터에 적용하여 국부 세일리언시를 구한다. 마지막으로 국부 세일리언시와 전역 세일리언시의 비선형 결합을 통하여 최종 세일리언시를 검출한다. 제안 방법의 성능 평가를 위해 2개의 영상 데이터베이스에 대하여 모의실험을 수행하였다. 기존의 방법과 비교하여 본 논문의 방법은 우수한 세일리언시 검출 결과를 나타내었다.

Abstract

In this paper, we present a saliency detection method using entropy weight and Weber contrast in the wavelet transform domain. Our method is based on the commonly exploited conventional algorithms that are composed of the local bottom-up approach and global top-down approach. First, we perform the multi-level wavelet transform for the CIE Lab color images, and obtain global saliency by adding the local Weber contrasts to the corresponding low-frequency wavelet coefficients. Next, the local saliency is obtained by applying Gaussian filter that is weighted by entropy of wavelet high-frequency subband. The final saliency map is detected by non-linearly combining the local and global saliencies. To evaluate the proposed saliency detection method, we perform computer simulations for two image databases. Simulation results show the proposed method represents superior performance to the conventional algorithms.

Keywords: Saliency detection, wavelet transform, entropy weighted Gaussian kernel, Weber's contrast

I. 서 론

인간이 시각을 통하여 영상을 판단하고 해석하는 경우, 한정적인 자원을 무의식적으로 최대한 활용하려는 경향을 가지고 있다. 시각 영역에 비치는 실제의 대상을 전부 세밀하게 관찰하고 의미를 부여하는 등의 일은 상당한 노력과 활동이 필요하기 때문에, 인간의 두뇌는 일종의 샘플링을 통해 사전 주의단계에서 중요하다고 생각되는 특징들에 먼저 관심을 갖게 된다. 이러한 것

* 학생회원 ** 정회원, 부산대학교 전자공학과

(Dept. Electronics Eng., Pusan National University)

© Corresponding Author(E-mail : ikeom@pusan.ac.kr)

※ 이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음

Received ; May 4, 2016

Revised ; December 26, 2016

Accepted ; December 30, 2016

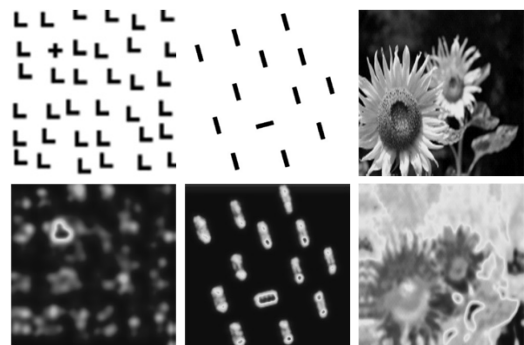


그림 1. 세일리언시 지도의 예

Fig. 1. Examples of saliency map.

을 시각 주의 또는 집중이라고 표현한다. 시각의 주의 또는 집중을 의미하는 세일리언시(saliency)는 영상 내 사물들의 색상, 방향, 그룹, 크기, 굴곡, 움직임, 원근 관

계, 물체의 형태 등의 영상 자체의 상대적 특징크기 관계에서 비롯된다. 세일리언스에 대한 연구는 생물학, 인지공학, 영상처리, 컴퓨터 비전 분야 등에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 자연 영상을 사전 주의 단계에서 세일리언시 지도(map)와 같은 유효한 특징 영상으로 변환하여 다양한 분야에 응용할 수 있다. 그림 1은 세일리언시 지도의 한 예를 나타내고 있다. 세일리언시 지도를 이용하여 물체 추적^[1], 영상 리타겟팅^[2], 영상 검색^[3], 영상 분류^[4], 물체 분할^[5], 영상 크기 변환^[6] 등과 같은 다양한 영상처리 및 컴퓨터 비전 분야에 응용되고 있다. 위와 같은 이유로, 영상에서 세일리언시를 검출하는 연구가 매우 활발히 진행되어 오고 있다. 본 논문에서는 영상을 다단계 웨이블릿으로 분해하고, 고주파 계수에 대한 엔트로피를 이용하여 국부 세일리언시를 구하는 방법을 제시한다. 아울러 저주파 계수에 대한 웨버 대비도 지도를 구성하여 전역 세일리언시를 추출하는 방법을 제안한다. 국부 및 전역 세일리언시를 결합하여 최종적인 세일리언시 지도를 구하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 세일리언시 검출에 대한 관련 연구를 소개하고 그 특징들을 살펴본다. III장에서는 제안된 세일리언시 검출 방법을 기술하고, IV장에서 모의실험을 통해 제안된 기법의 성능을 분석한다. 마지막으로 V장에서 결론에 대해 기술한다.

II. 관련 연구

세일리언시 검출을 위해 시각 주의의 작동 구조를 모델링하는 여러 가지 연구가 진행되어 왔다. 1998년 Itti^[7] 등은 영장류의 초기 시각 시스템에 대한 행동과 신경 구조에 근거한 세일리언시 검출 방법을 제시하였다. 이 방법은 밝기, 컬러, 방향으로부터 다중 스케일의 중앙-외접 차이(center-surround difference)를 계산하여 세일리언시 지도를 구성하였다. Meur^[8] 등은 상향식 시각 주의를 이용한 계산적 모델을 이용한 세일리언시 검출 방법을 제안하였다. 이 방법은 주로 인간시각 시스템의 이해에 근거하고 있으며, 대비민감도 함수, 시각 분해, 시각적 마스킹, 중앙-외접 상호 작용 등의 요소 또한 이용하고 있다.

비교적 최근에 같은 영상 내의 서로 다른 색상의 특징들 간에 유클리드 거리 차이를 측정하는 방법에 기반한 내용 기반 세일리언시(Context aware saliency) 검출 방법^[9]이 보고되었다. 이 방법은 객체를 의미 기반으로 추출하는데 효과적임이 알려져 있다. 그러나 이 방

법에 의한 세일리언시의 검출은 영상의 크기가 제한적이고 계산시간이 많이 소요되는 단점을 가지고 있다.

또한 변환 영역에서 세일리언시 지도를 계산하기 위한 여러 가지 연구들이 진행되어 왔다^[10~14]. Hou 등은 영상의 로그 스펙트럼에 의한 SR(spectral residual)의 개념을 이용하여 시각 주의 모델을 설정하는 방법을 제안하였다^[10]. 이 방법을 토대로, 위상 스펙트럼이 세일리언시를 검출하기 위한 주된 요소라 판단하고 푸리에 변환의 위상에 기반한 세일리언시 검출 방법이 발표되었다^[11]. 웨이블릿 계수로부터 국부 및 전역 대비 도를 계산하고, 이를 이용한 세일리언시 검출 방법^[12]이 제안되었으며, 다중 스케일 특성에 대한 역 웨이블릿 변환을 이용한 방법^[13] 또한 발표되었다. 이 연구에서 가중치가 부여된 웨이블릿 스케일 함수를 최적화하여 세일리언시 지도를 구하였다. 2010년 Wang 등은 엔트로피 율을 정의하고, 정보 최대화 원리에 입각하여 세일리언시를 검출하였다^[14].

최근 들어, 세일리언시 검출을 위해 정보이론^[15~16], 특이값 분해^[17], 성긴 특성(sparse feature)^[18], 컬러 특성^[19~20] 등을 이용한 연구가 활발히 진행되었다. Hou 등은 정보의 발산이 세일리언시를 이끈다는 가정 하에 세일리언시 검출을 위해 정보 발산 모델을 제안하였다^[15]. 그러나 이 방법은 전역 영상에 대한 정보 모델에 고려가 없는 단점이 있다. 웨이블릿 변환과 엔트로피 이론에 근거한 세일리언시 검출 방법은 2차원 엔트로피를 가중치로 하여 웨이블릿 계수가 표현하는 국부적 세일리언시 특징을 종합하는 방법^[16]으로, 적은 계산 량을 가지는 장점이 가지고 있다. 2015년 Ma 등은 특이값 분해를 이용한 세일리언시 검출 방법을 발표하였다^[17]. 이 방법은 중간 크기를 가지는 특이값을 이용하였지만, 영상에 따른 특이값의 범위를 계산하기 어려운 단점을 가지고 있다.

또한 인간시각 특성과 성긴 특성을 이용한 세일리언시 검출 방법^[18]에서는 세일리언시를 추출하기 위한 중앙-외접 차이를 인간 시각 특성을 도입하여 계산하였다. 컬러와 질감의 응집도를 이용한 세일리언시 검출 방법^[19]은 적은 계산 량으로 우수한 검출 결과를 보였으며, 자연 영상에 대한 세일리언시를 검출하기 위해 지역적 주요 색상 대비 모델을 이용한 방법^[19]과 슈퍼 화소를 이용한 물체 분할 기반 방법^[21~22] 또한 보고되었다.

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서 웨버 대비 도를 이용한 전역 세일리언시를 구하고 웨이블릿 계수에 대한 엔트로피 가중치를 가지는 가우시안 커널을 이용

한 국부 세일리언시를 구하여 이를 비선형 결합하는 새로운 세일리언시 검출 방법을 제안하고자 한다. 본 논문의 방법은 [12]의 방법과는 달리 저주파 웨이블릿 계수에 대하여 웨버 대비도를 구하여 전역 세일리언시를 추정하였고, 세일리언시 영역의 범위를 적응적으로 가변시키기 위하여 엔트로피를 이용한 가우스 필터링을 사용하는 차별성을 가지고 있다.

III. 제안 방법

세일리언시를 검출하는 하나의 방법^[7, 12]은 국부 및 전역적인 요소를 고려하여 특징을 추출하고, 이 두 가지 요소를 결합한 세일리언시 지도를 생성하는 것이다. 본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서 국부 및 전역 세일리언시 특징을 추출하고 이를 결합하는 방법을 제시하고자 한다. 먼저 입력된 RGB 컬러 영상을 CIE Lab 컬러 공간으로 변환한 후, 웨이블릿 변환을 다음과 같이 수행한다. 즉,

$$[A_s^c, H_s^c, V_s^c, D_s^c] = DWT(I^c) \quad (1)$$

여기서 $I^c(c \in \{L, a, b\})$ 는 Lab 컬러 공간에서의 영상이고, A_s^c 는 스케일 $s \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 에서 저주파 웨이블릿 영상이고, H_s^c, V_s^c, D_s^c 는 각각 수평, 수직, 대각 방향의 고주파 웨이블릿 영상이다. 그리고 $DWT(x)$ 는 x 에 대한 이산 웨이블릿 변환을 나타낸다. 본 논문에서는 A_s^c 는 전역 세일리언시 검출을 위해 사용하고, H_s^c, V_s^c, D_s^c 는 국부 세일리언시 검출을 위해 사용한다.

1. 전역 세일리언시 검출

정보이론의 관점에서 본다면, 영상의 전체 정보는 새로운 정보를 나타내는 변화가 있는 부분과 평균값을 갖는 배경정보로 이루어져 있다. 영상의 배경 영역은 스케일의 변화에 대해서도 비슷한 성질을 유지하는 동질적인 영역으로 볼 수 있다. 세일리언시가 존재하는 영역은 색상, 방향, 윤곽 등의 형태로 다양하게 정의된 특징들의 중심-주변부 차이를 유발한다. 이러한 특징들의 차이는 영상내의 객체를 배경으로부터 분리되게 만든다. 이런 상황에서 전역적인 주의집중을 유발하는 성분은 웨이블릿 고주파 계수가 큰 값을 갖는 영역으로 볼 수 있다.

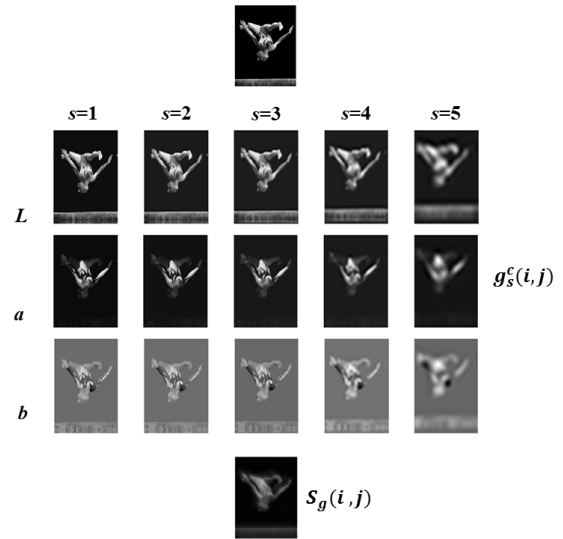


그림 2. 입력 영상에 대한 전역 세일리언시의 특징 벡터들과 세일리언시 지도

Fig. 2. Global feature vectors and saliency map for input image.

그러나 시각 주의를 유발하는 영역은 절대적인 크기보다는 배경의 밝기에 따라 달라질 가능성이 높게 존재한다. 따라서 단순히 높은 윤곽 성분 또는 웨이블릿 계수 값으로 시각 주의를 이루는 것이 아니라 배경에 따른 대비도의 상대적 비율이 세일리언시로 이루어져야함을 알 수 있다. 본 논문에서는 웨버 법칙을 이용한 대비도를 정의하고, 이를 이용하여 전역 세일리언시를 검출하는 방법을 제안한다.

먼저 웨이블릿 영역 (i, j) 위치에 있는 저주파 영상 $A_s^c(i, j)$ 에 대하여 웨버 대비도 $w_s^c(i, j)$ 를 다음과 같이 정의한다.

$$w_s^c(i, j) = \frac{b_s^c(i, j) - A_s^c(i, j)}{b_s^c(i, j)} \quad (2)$$

여기서 $b_s^c(i, j)$ 는 (i, j) 좌표를 중심으로 5×5 윈도우에서의 평균값이다. 식 (2)에서 $A_s^c(i, j)$ 의 값은 0에서 1로 정규화된 형태로 사용된다. 전역 세일리언시 검출을 위한 특징 $g_s^c(i, j)$ 는 다음과 같이 $A_s^c(i, j)$ 에 웨버 대비도가 더해진 형태로 정의된다. 즉,

$$g_s^c(i, j) = A_s^c(i, j) + w_s^c(i, j) \quad (3)$$

최종적으로 전역 세일리언시는 각 지점 (i, j) 에서 컬러 채널 및 웨이블릿 스케일의 값을 모두 더한 값이다.

$$S_g(i, j) = \sum_s \sum_c g_s^c(i, j) \quad (4)$$

여기서 $S_g(i, j)$ 는 전역 세일리언시 지도이며, 0과 1 사이로 정규화된 값이다. 그림 2는 주어진 입력 영상에 대한 컬러 채널 및 웨이블릿 스케일별 특징 벡터와 이를 이용한 전역 세일리언시 지도를 나타낸다. 그림 2에서 볼 수 있듯이, 주어진 영상에 대한 시각 집중 부분을 잘 표현함을 알 수 있다.

2. 국부 세일리언시 검출

웨이블릿 고주파 계수의 크기는 영상내의 윤곽 및 질감정보의 강도를 표현한다. 세일리언시 검출에 있어 웨이블릿 변환의 장점은 다중스케일에서 공간 및 주파수 정보를 동시에 표현할 수 있다는 것이다. 본 논문에서는 고주파를 가지는 윤곽 및 질감정보만을 국부 세일리언시 검출에 사용하기 위하여 [12]에서 사용한 방법과 유사하게 A_s^c 를 제거한 후 웨이블릿 역 변환한 특징을 사용한다. 즉,

$$f_s^c(i, j) = \text{IDWT}[H_s^c, V_s^c, D_s^c] \quad (5)$$

여기서 $f_s^c(i, j)$ 는 저주파 영상이 제거된 웨이블릿 역변환 영상이고, $\text{IDWT}(y)$ 는 어떤 벡터 또는 영상 y 에 대한 이산 웨이블릿 역변환이다. [12]의 방법에서는 역변환 특징을 구하기 위해 스케일링된 에너지를 사용하였지만, 본 논문에서는 $f_s^c(i, j)$ 을 그대로 사용하였다.

일반적으로 세일리언시 영역의 영향력을 전파하기 위하여 구해진 특징들에 가우스 필터링을 사용한다. 본 논문에서는 $f_s^c(i, j)$ 의 엔트로피를 이용하여 적응적인 가우스 필터링 방법을 제안한다. 만약 $f_s^c(i, j)$ 의 엔트로피 값이 크다면, $f_s^c(i, j)$ 의 분포가 균일하게 분포하기 때문에 시각의 집중을 필요로 하는 영역이 적다는 것을 뜻한다. 반대로 $f_s^c(i, j)$ 가 낮은 엔트로피 값을 가진다면, $f_s^c(i, j)$ 의 분포가 좁아져 주의를 집중시키는 부분이 많다는 것을 의미한다. 따라서 엔트로피의 값에 따라 가우스 필터링을 적응적으로 수행한다면 보다 효율적인 세일리언시 특징을 추출할 수 있다.

h_s^c 를 $f_s^c(i, j)$ 영상의 엔트로피라고 할 때, $f_s^c(i, j)$ 를 필터링하기 위한 주어진 크기의 정방형 가우스 커널의 표준편차 σ_s^c 는 h_s^c 에 반비례하는 것이 좋다. 이는 높은 엔트로피를 가지는 부분의 영향력을 줄이고 낮은

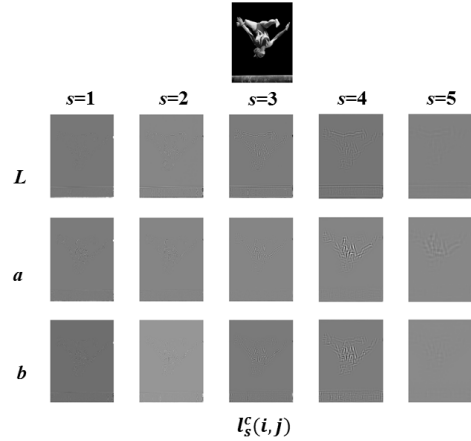


그림 3. 적응적 가우스 필터링이 수행된 국부 세일리언시 특징

Fig. 3. Local saliency feature vectors performed by adaptive Gaussian filtering.

엔트로피를 가지는 부분의 영향력을 높이기 위함이다. 본 논문에서는 고정된 5×5 윈도우를 가지는 가우스 커널의 표준편차를 자연 로그의 절댓값으로 정의한다.

즉,

$$\sigma_s^c = |\ln(h_s^c)| \quad (6)$$

$h_s^c < 1$ 인 경우, 로그 값은 음수를 가지고 이에 대한 절대 값은 h_s^c 에 반비례하는 관계를 가진다. 그러나 $h_s^c \geq 1$ 인 경우는 반비례의 관계가 없어지기 때문에, $h_s^c = 1$ 로 할당한다. 즉, $h_s^c = 1$ 일 경우에는 $\sigma_s^c = 0$ 이 되어 가우스 필터링을 수행하지 않는다.

식 (6)에 의해 구해진 가우스 커널의 표준편차를 이용하여 다음과 같이 적응적인 가우스 필터링을 수행한다.

$$l_s^c(i, j) = G_{\sigma_s^c} * f_s^c(i, j) \quad (7)$$

여기서 $G_{\sigma_s^c}$ 는 표준편차 σ_s^c 를 가지는 가우시안 커널이고, $l_s^c(i, j)$ 은 국부 세일리언시 특징이다. 식 (7)에서 $*$ 는 컨볼루션 연산자이다. 그림 3은 엔트로피에 의해 적응적으로 가우스 필터링이 수행된 특징 $l_s^c(i, j)$ 를 나타내고 있다. 최종 국부 세일리언시는 각 컬러 채널의 최댓값을 추출하여 모든 웨이블릿 스케일에서 더하는 것으로 정의한다.

$$S_l(i, j) = \sum_s \max_c(l_s^c(i, j)) \quad (8)$$

여기서 $S_l(i, j)$ 는 국부 세일리언시 지도를 나타낸다.

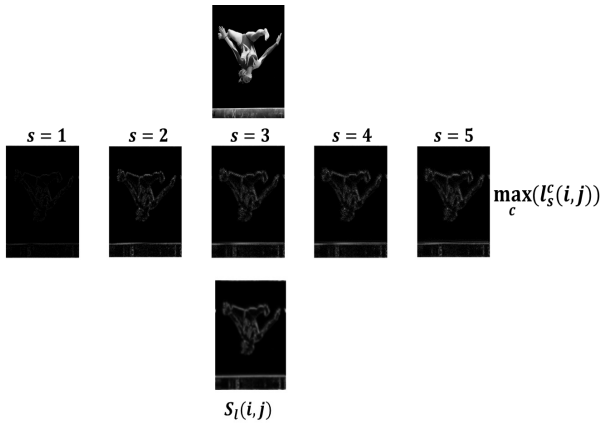


그림 4. 국부 세일리언시 지도
Fig. 4. Local saliency map.

그림 4는 컬러 채널에서 추출된 최댓값 $\max_c(l_s^s(i,j))$ 와 $S_l(i,j)$ 를 나타낸다. 그림 4에서 볼 수 있듯이, 배경 영역을 제외한 국부 세일리언시를 잘 표현함을 알 수 있다.

3. 세일리언시 지도 구성

본 논문에서는 세일리언시를 전역적인 요소와 국부적인 요소로 나누어 추정하였다. 따라서 이를 결합하여 최종 세일리언시 지도를 구성할 수 있다. 이를 선형적으로 수행하는 것은 세일리언시가 적절히 강조되지 못하는 단점이 있으므로 비선형적인 방법이 주로 사용된다. 본 논문에서는 [12]의 방법과 같이 지수함수와 로그함수를 이용한 조합을 사용하며, 조합 후에 최종적으로 가우스 필터링을 적용한다. 즉,

$$S_f(i,j) = G_{\sigma=3} * \frac{[S_l(i,j) \times \exp\{S_g(i,j)\}]^{\ln \sqrt{2}}}{\sqrt{2}} \quad (9)$$

영상 내에서 가장 많은 시각 주의를 가지는 영역을 중심으로 세일리언시 값들을 재평가 하는 방법[9, 12]이 흔히 사용된다. 즉, 최종적인 세일리언시 지도 중에 많은 영향력을 가지는 중심 영역이 다른 영역보다 더 많은 비중을 가지게 하는 방법으로 일정 값 이상의 다중 중심점에 강조를 수행한다. 또한 이미지 중앙부에 보다 중요한 정보가 밀집해 있으며, 이를 반영하기 위해 중앙부에 많은 비중을 두게 한다. 본 논문에서는 [9]의 방법과 같이 최종적으로 얻어진 세일리언시 지도에 대하여 다중중점 향상법과 중앙부 가중치 적용을 하였다.

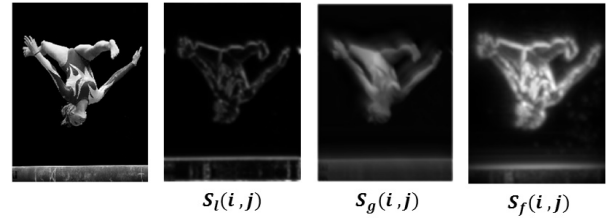


그림 5. 최종 세일리언시 지도
Fig. 5. Final saliency map.

그림 5는 입력 영상에 대하여 각각의 전역, 국부 세일리언시를 나타내고 있으며, 세일리언시 향상법을 적용하기 전의 비선형 결합을 통한 최종 세일리언시 지도를 나타낸다. 그림 5에서 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안한 세일리언시 검출 방법은 전역 및 국부 세일리언시 지도를 적절히 잘 표현하고 있으며, 최종 세일리언시 지도 또한 잘 나타내고 있음을 알 수 있다.

IV. 실험 및 결과

제안된 세일리언시 검출 방법을 검증하기 위하여 본 논문에서는 두 개의 데이터베이스를 사용하였다. 하나는 CAT2000 데이터베이스[23]로 1920×1080 크기의 영상을 2000개 포함하고 있으며, 20개의 서로 다른 범주를 가지고 있다. 또 다른 하나는 MSRA 데이터베이스[24]로 10000개의 영상으로 구성되어 있다.

성능 평가 척도는 수신자 조작 특성(receiver operation characteristic: ROC) 곡선과 ROC 아래 면적(area under the ROC curve: AUC)[22] 및 F-measure를 사용하였다. 또한 제안된 세일리언시 검출 결과의 성능을 검토하기 위하여 본 논문에서는 context aware saliency(CAS)[9], spectral residual approach(SRA)[10], wavelet low-level feature (WLF)[12], 히스토그램 기반 대비도(HC) 및 영역 기반 대비도(RC) 방법을 구현하고 비교하였다. 웨이블릿 변환은 'symlet' 커널[26]을 사용하여 최대 레벨까지 수행하였다.

그림 6은 CAT2000 데이터베이스에 대한 세일리언시 검출 결과이다. 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 본 논문의 방법과 CAS는 비교적 세일리언시를 잘 표현하고 있는 반면, SRA와 WLF 방법은 세일리언시 검출이 약함을 알 수 있다. 이런 결과를 전체 영상에 적용하여 ROC 곡선은 그려보면 그림 7과 같이 나타난다. 그림 7에서 볼 수 있는 바와 같이 CAT2000 데이터베이스에 대하여 본 논문의 방법의 비교 대상의 방법보다 우수한

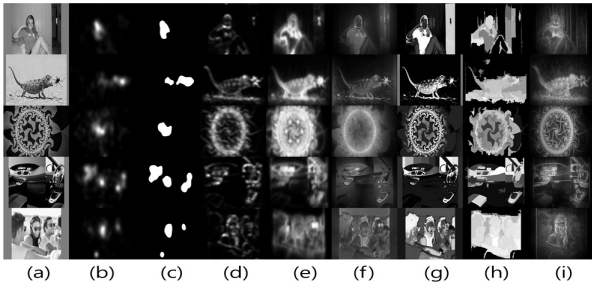


그림 6. CAT2000 데이터베이스에 대한 세일리언시 검출 결과 (a) 원 영상, (b) 고정 지도 (c) ground truth, (d)SRA, (e) CAS, (f) WLF, (g) HC, (h) RC, (i) 제안 방법

Fig. 6. Saliency detection results for CAT2000 database (a) original image, (b) fixation map (c) ground truth, (d) SRA, (e) CAS, (f) WLF, (g) HC, (h) RC, (i) proposed method.

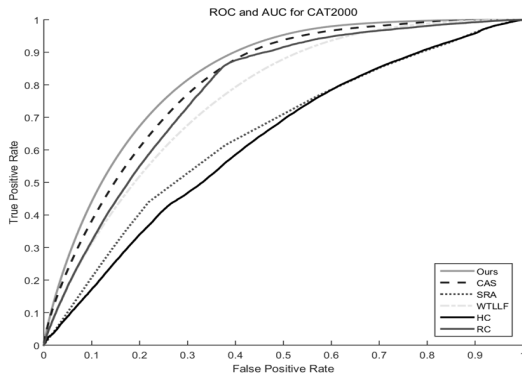


그림 7. CAT2000 데이터베이스에 대한 ROC 곡선
Fig. 7. CAT2000 curves for Residual60 database.

표 1. CAT2000 데이터베이스에 대한 AUC 및 F-측정값
Table1. AUC and F-measure for CAT2000 dataset.

방법	SRA	CAS	WLF	HC	RC	Ours
AUC	0.65	0.80	0.76	0.62	0.78	0.83
F-측정값	0.11	0.21	0.18	0.11	0.14	0.21

ROC 곡선을 가짐을 알 수 있다. 표 1은 CAT2000 데이터베이스에 대한 AUC값과 F-측정값의 평균을 나타내고 있다. 본 논문의 방법으로 구한 AUC값과 F-측정값이 가장 높음을 알 수 있다. CAT2000 데이터베이스에 대한 ground truth는 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 인간의 시각 추적에 의해 생성된 것이기 때문에 상당히 낮은 F-측정값을 가짐을 알 수 있다.

그림 8은 MSRA 데이터베이스에 대한 세일리언시 검출 결과이다. CAT2000 데이터베이스와 마찬가지로 본 논문의 방법은 비교적 세일리언시를 잘 표현하고 있다. 그러나 그림9에서 볼 수 있는 바와 같이 RC 방법이

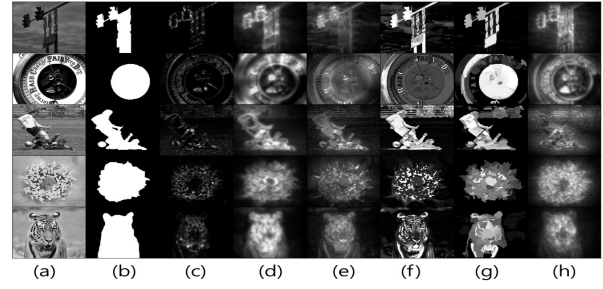


그림 8. MSRA 데이터베이스에 대한 세일리언시 검출 결과 a) 원 영상, (b) 고정 지도 (c) ground truth, (d)SRA, (e) CAS, (f) WLF, (g) HC, (h) RC, (i) 제안 방법

Fig. 8. Saliency detection results for MSRA database (a) original image, (b) fixation map (c) ground truth, (d) SRA, (e) CAS, (f) WLF, (g) HC, (h) RC, (i) proposed method.

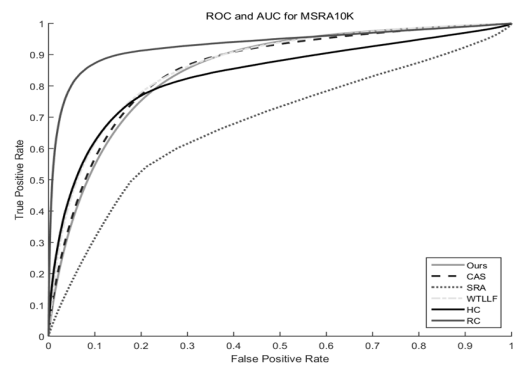


그림 9. MSRA 데이터베이스에 대한 ROC 곡선
Fig. 9. ROC curves for MSRA database.

표 2. MSRA 데이터베이스에 대한 AUC 및 F-측정값
Table2. AUC and F-measure for MSRA dataset.

방법	SRA	CAS	WLF	HC	RC	Ours
AUC	0.68	0.85	0.86	0.83	0.93	0.85
F-측정값	0.42	0.51	0.52	0.53	0.60	0.50

가장 우수한 ROC 곡선을 보이고 있다. 그러나 RC 방법은 세일리언시 검출 전에 그래프에 기반을 둔 영상의 분리를 미리 수행하기 때문에 온전한 성능 평가로 보기 힘들다. 또한 RC 방법은 인간 시각 추적에 의한 ground truth에 대하여 성능 저하가 현격히 나타나는 단점이 있다. 표 2는 MSRA 데이터베이스에 대한 AUC값과 F-측정값의 평균을 나타내고 있다. MSRA 데이터베이스는 그림 8과 같이 물체 형태의 ground truth를 사용하기 때문에 영상 분리에 기반을 둔 RC 방법의 AUC 및 F-측정값이 월등히 우수하게 나타난다. 본 논문의 방법은 기존의 방법과 거의 대등한 AUC 및 F-측정값

을 가진다고 볼 수 있다.

AUC 및 F-측정값과 같은 세일리언시 검출 결과에 대한 정량적인 측정값은 ground truth가 어떤 형태로 구성되느냐에 따라 매우 상이한 결과를 보인다고 알려져 있다. 표 1 및 2의 결과에서 볼 수 있듯이, ground truth의 형태에 따라 RC 방법은 매우 성능의 차이가 크게 나타나고 있으며, CAS 및 제안 방법을 제외한 나머지 방법들도 상당한 측정값의 차이를 보이고 있다. 결론적으로 본 논문의 제안 방법은 ground truth의 형태에 크게 관계없이 일정한 세일리언시 검출 결과를 보인다는 장점을 가지고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 웨이블릿 변환 영역에서 웨버 대비도와 엔트로피 가중치를 이용하여 세일리언시를 검출하는 방법을 제안하였다. 본 논문의 방법은 저주파 웨이블릿 영상에 대하여 웨버 대비도를 구하고, 이를 이용하여 전역 세일리언시 지도를 형성하였다. 또한 저주파 영상을 제외한 고주파 영상을 웨이블릿 역변환 하여 세일리언시 특징을 구하고, 엔트로피를 이용한 가중치를 이용하여 세일리언시의 전과 효과를 결정하는 가우스 필터의 표준편차를 적응적으로 결정하였다. 전역 및 국부 세일리언시 지도를 비선형적으로 결합하고, 세일리언시 중심에 따른 거리를 고려하여 최종 세일리언시 지도를 형성하였다. 알려진 두 개의 데이터베이스에 대한 실험 결과 본 논문의 방법은 기존 방법과 비교하여 ROC, AUC 및 F-측정값의 관점에서 우수한 검출 결과를 보였으며, 데이터베이스에 관계없이 일정한 성능을 보였다.

REFERENCES

- [1] V. Mahadevan, and N. Vasconcelos, "Biologically inspired object tracking using center-surround saliency mechanisms," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 35, no. 3. pp. 541-554, 2013.
- [2] Y. Fang, Z. Chen, W. Lin, and C. W. Lin, "Saliency detection in the compressed domain for adaptive image retargeting," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, no. 9, pp. 3888-3901. 2012.
- [3] H. Yang, Y. Li, W. Li, X. Wang, and F. Yang, "Content-based image retrieval using local visual attention feature," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 25, no. 6, pp. 1308-1323, 2014.
- [4] C. Huang, F. Meng, W. Luo, and S. Zhu, "Bird breed classification and annotation using saliency based graphical model," *J. Vis. Commun. Image Represent.*, vol. 25, no. 6, pp. 1299-1307, 2014.
- [5] C. Jung, C. and Kim, "A unified spectral-domain approach for saliency detection and its application to automatic object segmentation," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 21, no.3, pp. 1272-1283, 2012.
- [6] A. Toet, "Computational versus psychophysical bottom-up image saliency: a comparative evaluation study," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 33, no. 11, pp. 2131-2146, 2011.
- [7] L. Itti, C. Koch, and E. Niebur, "A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 20, no. 11. pp. 1264-259, 1998.
- [8] O. L. Meur, P. L. Callet, D. Barba, and D. Thoreau, "A coherent computational approach to model bottom-up visual attention," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 28, no. 5. pp. 802 - 8179, 2006.
- [9] S. Goferman, L. Zelnik-Manor, and A. Tal, "Context-aware saliency detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 34, no. 10. pp. 1915-1926, 2012.
- [10] X. Hou, and L. Zhang, "Saliency detection: a spectral residual approach," *Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1-8, 2007.
- [11] C. Guo, Q. Ma, and L. Zhang, "Spatio-temporal saliency detection using phase spectrum of quaternion fourier transform," *Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 1-8, 2008.
- [12] N. Imamoglu, W. Lin, and Y. Fang, "A saliency detection model using low-level features based on wavelet transform," *IEEE Trans. Multimedia*, vol. 15, no. 1, pp. 96-105, 2013.
- [13] N. Murray, M. Vanrell, X. Otazu, and C. A. Parraga, "Saliency estimation using a non-parametric low-level vision model," *Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 433-440, 2011.
- [14] W. Wang, Y. Wang, Q. Huang, and W. Gao, "Measuring visual saliency by site entropy rate," *Proceeding of IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 2368-2375, 2010.
- [15] W. Hou, X. Gao, D. Tao, and X. Li, "Visual saliency detection using information divergence," *Pattern Recognit.*, vol. 46, pp. 2658-2669, 2015.
- [16] X. Ma, X. Xie, K. M. Lam, and Y. Zhong,

“Efficient saliency analysis based on wavelet transform and entropy theory,” J. Vis. Commun. Image Represent., vol. 30, pp. 201-207, 2015.

[17] X. Ma, X. Xie, K. M. Lan, J. Hu, and Y. Zhong, “Saliency detection based on singular value decomposition,” J. Vis. Commun. Image Represent., vol. 32, pp. 95-106, 2015.

[18] Y. Fang, W. Lin, Z. Chen, C. W. Lin, and C. Deng, “Visual acuity inspired saliency detection by using sparse features,” Inf. Sci., vol. 309, pp. 1-10, 2015.

[19] Y. Wo, X. Chen, and G. Han, “A saliency detection model using aggregation degree of color and texture,” Signal process. Image commun., vol. 30, pp. 121-136, 2015.

[20] J. Lou, M. Ren, and H. Wang, “Regional principal color based saliency detection,” plos one, vol. 9, no. 11, e112475, 2014.

[21] M. M. Cheng, N. Mitra, X. Huang, P. Torr, and S. M. Hu, “Global contrast based salient region detection,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 37, no. 3, pp. 569-582, 2015.

[22] Z. Chen, H. Wang, L. Zhang, Y. Yan, and H. M. Lao, “Visual saliency detection based on homology similarity and an experimental evaluation.” J. Vis. Commun. Image Represent., vol. 40, pp. 251-264, 2016.

[23] A. Borji, and L. Itti, “CAT2000: A large scale fixation dataset for boosting saliency research,” arXiv preprint arXiv:1505.03581, 2015.

[24] <http://mftp.mmcheng.net/>

[25] C. D. Brown, and H. T. Davis, “Receiver operating characteristics curves and related decision measures: A tutorial,” Chemometer, Intell. Lab., vol. 80, no. 1, pp. 24-38, 2006.

[26] A. Cohen, I. Daubhecies, and J. C. Feauveau, “Biorthogonal bases of compactly supported wavelets,” Comm. Pure Appl. Math., vol. 45, no. 5, pp. 485-560, 1992.

저 자 소 개



이 호 상(학생회원)
2013년 경성대학교 정보통신공학과 학사 졸업.
2015년 부산대학교 전자공학과 석사 과정.
<주관심분야: 영상신호처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 세일리언시 검출>



문 상 환(학생회원)
1996년 동아대학교 전자공학과 학사 졸업.
2014년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
2015년 부산대학교 전자공학과 박사 과정.
1997년~현재 부산문화방송 재직
<주관심분야: 영상신호처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 밴포드 분석, 세일리언시 검출>



엄 일 규(정회원)-교신저자
1990년 부산대학교 전자공학과 학사 졸업.
1992년 부산대학교 전자공학과 석사 졸업.
1998년 부산대학교 전자공학과 박사 졸업.
현재 부산대학교 전자공학과 교수
<주관심분야: 영상 신호처리, 웨이블릿 변환 신호처리, 영상 포렌식, 멀티미디어 보안>