

논문 2011-48CI-1-16

적응적 피부색 검출과 에지 정보를 이용한 유해 영상 분류 방법

(Adult Image Classification using Adaptive Skin Detection and Edge Information)

박 찬 우*, 박 기 태**, 문 영 식***

(Chan Woo Park, Ki Tae Park, and Young Shik Moon)

요 약

본 논문은 입력된 영상으로부터 적응적 피부색 검출 방법으로 생성된 피부색 영역과 에지 정보의 결합을 특징 벡터로 이용하여 입력 영상의 유해(누드, 성인물) 여부를 판별하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 네 단계의 과정으로 이루어져 있다. 첫 번째 단계에서는 입력 영상으로부터 기존의 피부색 검출 방법들을 적용하여 얻은 모든 결과 영상들에 대해서 논리곱 연산을 통해 초기 피부색 영역을 검출한다. 두 번째 단계에서 초기 피부색 영역의 화소 정보를 기반으로 피부색 확률 분포 모델을 생성하고 이를 통해 피부색 확률 영상을 생성한다. 그리고 피부색 확률 영상에 임계값을 적용하여 이진화 한다. 세 번째 단계에서 이진 피부색 영역과 에지의 결합 영상을 생성하고 피부색 영역을 확산하여 최종 피부색 영역을 검출한다. 마지막 단계에서 최종 피부색 영상과 최종 피부색 영역 안에 있거나 인접한 에지들의 결합 영상을 특징 벡터로 생성한다. 생성된 특징 벡터를 support vector machine(SVM) 학습을 통해 생성된 분류 모델로 입력 영상의 유해 여부를 판별하여 유해 혹은 무해 영상으로 분류한다. 실험 결과를 통하여 제안하는 방법이 기존의 유해 영상 분류 방법에 비해 분류 성능이 9.6% 향상된 것을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose a novel method of adult image classification by combining skin color regions and edges in an input image. The proposed method consists of four steps. In the first step, initial skin color regions are detected by logical AND operation of all skin color regions detected by the existing methods of skin color detection. In the second step, a skin color probability map is created by modeling the distribution of skin color in the initial regions. Then, a binary image is generated by using threshold value from the skin color probability map. In the third step, after using the binary image and edge information, we detect final skin color regions using a region growing method. In the final step, adult image classification is performed by support vector machine(SVM). To this end, a feature vector is extracted by combining the final skin color regions and neighboring edges of them. As experimental results, the proposed method improves performance of the adult image classification by 9.6%, compared to the existing method.

Keywords : Adult Image Classification, Adaptive Skin Detection, SVM

* 학생회원, *** 평생회원, 한양대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Comp. Sci. & Eng., Hanyang University)

** 정회원, 한양대학교 BK21 엠비언트인텔리전스소프트웨어팀

(Ambient Intelligence Software Team, Institute of Hanyang University)

※ 이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 2009-0077434)

접수일자: 2010년10월25일, 수정완료일: 2010년12월30일

I. 서 론

오늘날 인터넷의 사용이 보편화 되면서 사용자들은 수많은 정보들을 시간과 공간을 뛰어넘어 손쉽게 접할 수 있게 되었다. 하지만 무분별한 정보 제공으로 인해 미성년자들이 유해(누드, 성인물) 정보를 쉽게 접할 수 있게 되었고, 이에 따라 미성년자 성범죄 및 탈선행위

들이 증가하고 있어 미성년자들의 유해 정보 접근을 규제하고 차단하는 방법이 필요하게 되었다. 기존의 유해 정보 차단 및 규제 방법들은 유해 정보를 가진 웹사이트의 IP 주소와 유해한 키워드가 대량으로 저장된 데이터베이스를 이용하여 미성년자들의 유해 정보 접근을 차단하는 방법들이 있다^[1]. 하지만 이러한 방법들은 기존의 수집된 데이터베이스만 이용하기 때문에 새로운 유해 사이트 IP 주소와 유해 키워드를 지속적으로 업데이트해야 하는 어려움과 등록되지 않은 IP 주소에 대해서는 유해 여부를 판별 할 수 없는 단점이 있다. 그래서 최근에는 유해 사이트의 주요 콘텐츠인 유해 영상의 특징을 이용하는 방법에 대한 연구들이 이루어지고 있다^[2~3].

유해 영상을 분류하는 대표적인 방법들은 피부색 영역 검출 방법을 사용하여 검출된 피부색 영역을 대표 특징으로 사용한다. 기존의 피부색 검출 방법들은 미리 정해진 임계값과 학습된 피부색 데이터를 통하여 피부색 영역을 검출한다^[3~7]. 이러한 방법들은 고정된 임계값과 학습 데이터를 사용하기 때문에 입력 영상의 정보를 충분히 반영하지 못하는 단점이 있다. 영상에서 피부색 영역을 검출하는 방법의 성능 향상은 유해 영상 분류 성능을 높이는 것이기 때문에, 입력 영상의 정보를 충분히 반영할 수 있는 좋은 성능의 피부색 검출 방법에 대한 개발과 피부색 영역 이외에 유해 영상 분류 성능을 향상시키기 위한 유해 영상의 특징에 대한 연구가 필요하다.

따라서 본 논문에서는 입력 영상의 정보 및 상태를 충분히 반영하는 적응적 피부색 검출 방법과 유해 영상을 효과적으로 분류하기 위한 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 입력 영상에서 기존의 피부색 검출 방법들을 이용하여 초기 피부색 영역을 검출하고, 검출한 초기 피부색 영역을 이용하여 적응적 피부색 분포 모델을 생성한 후, 해당 분포에 기반하여 최종 피부색 영역을 검출한다. 그리고 최종 검출된 피부색 영역과 에지 정보를 결합하여, 유해 영상을 효과적으로 기술할 수 있는 특징 정보를 생성한 후, support vector machine(SVM)을 통해 유해 및 무해 영상을 분류한다.

본 논문의 구성은 II장에서 제안하는 유해 영상 분류 방법, III장에서는 제안한 방법에 대한 실험 결과를 제시하고, 마지막으로 IV장에서는 결론과 향후 과제에 대하여 기술한다.

II. 제안하는 방법

그림 1은 본 논문에서 제안하는 방법의 전반적인 순서도를 보여주고 있으며, 4단계로 구성되어 있다. 첫 번째 단계는 입력된 영상에서 기존의 피부색 검출 방법들을 적용하여 얻은 모든 결과 영상들에 대해서 논리곱 연산을 통해 초기 피부색 영역을 검출 한다. 두 번째 단계에서 초기 피부색 영역의 화소 정보를 기반으로 피부색 확률 분포 모델을 생성하고 이를 통해 피부색 확률 영상을 생성한다. 그리고 피부색 확률 영상에 임계값을 적용하여 이진화 한다. 세 번째 단계에서 이진 피부색 영역과 에지의 결합 영상을 생성하고 피부색 영역을 확산하여 최종 피부색 영역을 검출한다. 마지막 단계는 최종 피부색 영상과 최종 피부색 영역 안에 있거나 인접한 에지들의 결합 영상을 특징 벡터로 생성한다. 생성된 특징 벡터를 SVM 학습을 통해 생성된 분류 모델로 입력 영상의 유해 여부를 판별하여 유해 혹은 무해 영상으로 분류한다.

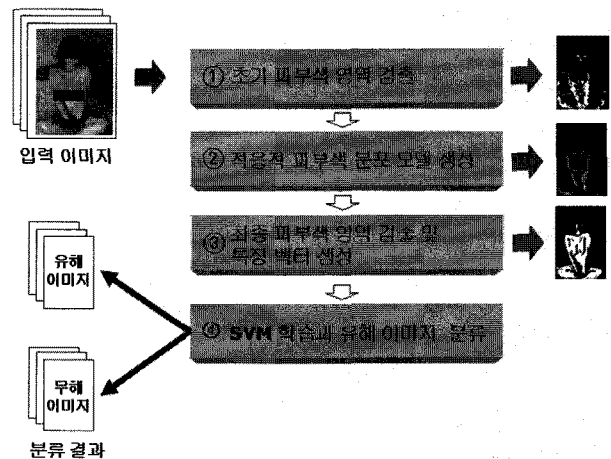


그림 1. 제안하는 유해 영상 분류 시스템 구성도
Fig. 1. The overall diagram of the proposed method.

2.1 초기 피부색 영역 검출

피부색 영역은 유해 영상 분류, 얼굴 검출, 사람 검출 등의 다양한 분야에서 중요한 특징으로 사용되고 있으며, 영상에서 피부색을 검출하는 방법은 크게 다양한 색상 공간에서 실험적으로 얻어진 임계값을 사용하는 방법과 가우시안 복합 모델과 같이 피부색 데이터베이스의 확률 값을 사용하는 방법으로 구분할 수 있다^[3~7].

하지만 이러한 피부색 검출 방법들은 기존에 획득된 정보 또는 모델만을 이용함으로써, 입력 영상의 정보

및 상태를 충분히 반영하지 못하여 피부색 영역을 효과적으로 검출하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 입력 영상의 정보 및 상태를 충분히 반영하여 효과적으로 피부색을 검출하기 위하여, 적응적 피부색 검출 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 우선 기존의 피부색 검출 방법인 HSV, RGB, YCbCr, 그리고 YUV-YIQ 색상 공간에서의 임계값을 사용한 피부색 검출 방법을 이용하여 피부색 영역을 검출한다. 검출된 각각의 피부색 영역을 논리곱 연산을 통하여 초기 피부색 영역으로 설정한다.

Tsekeridou^[4]는 HSV 색상 공간에서 피부색 화소 데이터들을 이용한 실험을 통해 피부색 영역을 분류할 수 있는 임계값을 정의하였다. 식 (1)은 HSV 색상 공간에서의 피부색 영역의 임계값을 나타낸다.

$$\begin{aligned} &V \geq 40 \text{ and} \\ &0.2 < S < 0.6 \text{ and} \\ &0^\circ < H < 25^\circ \text{ or } 335^\circ < H < 360^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

Kovac^[5]은 사람의 피부가 멜라닌 색소의 영향으로 인해 적색 컬러 성분이 상당히 많은 부분을 차지하고 있는 특징을 이용하여 RGB 색상 공간에서 피부색 영역을 분류하는 실험을 통해서, 식 (2)와 같이 RGB 색상 공간에서의 피부색 영역을 정의하였다.

$$\begin{aligned} &R > 95, G > 40, B > 20 \text{ and} \\ &MAX(R, G, B) - MIN(R, G, B) < 15 \text{ and} \\ &|R - G| > 15, R > G, R > B \end{aligned} \quad (2)$$

Chai^[6]는 YCbCr 색상 공간에서 피부색 화소 데이터들을 이용한 실험을 통해 피부색 영역을 분류할 수 있는 임계값을 Cb, Cr에 대해서 정의하였다. 식 (3)은 YCbCr 색상 공간에서의 피부색 영역의 임계값을 나타낸다.

$$\begin{aligned} &77 \leq Cb \leq 127 \text{ and} \\ &133 \leq Cr \leq 173 \end{aligned} \quad (3)$$

Duan^[3]은 YUV와 YIQ 색상 공간에서 피부색 화소 데이터들을 이용한 실험을 통해 피부색 영역을 분류할 수 있는 임계값을 I와 θ에 대해서 정의하였다. 식 (4)는 YUV와 YIQ 색상 공간에서의 피부색 영역의 임계값을 나타낸다.

$$\begin{aligned} &100^\circ \leq \theta \leq 150^\circ \text{ and} \\ &20 \leq I \leq 90 \\ &\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|V|}{|U|} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

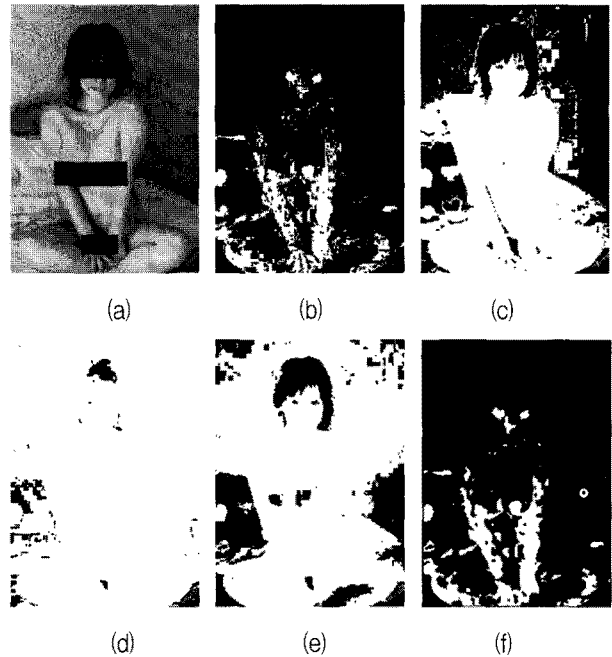


그림 2. 초기 피부색 영역 검출의 예, (a) 입력 영상, (b), (c), (d), (e) HSV, RGB, YCbCr, YUV-YIQ 색상 공간에서의 피부색 검출 결과, (f) 제안하는 초기 피부색 영역 검출 결과

Fig. 2. Example of the proposed initial skin color region detection, (a) input image, (b), (c), (d), and (e) results of the skin color detection of HSV, RGB, YCbCr, and YUV-YIQ color domain, (f) result of the proposed initial skin color region.

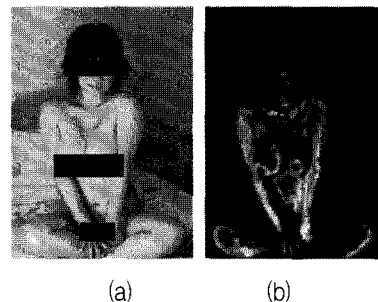


그림 3. 피부색 확률 영상의 예, (a) 입력 영상, (b) 피부색 확률 영상

Fig. 3. Example of the skin color probability image, (a) input image, (b) skin color probability image.

기존의 색상 임계값을 이용한 피부색 검출 방법들은 각각 피부색 검출을 하는데 상호보완적인 관계가 성립하기 때문에, 본 논문에서 제안하는 초기 피부색 영역 검출 방법은 기존의 방법들의 논리곱 연산을 통해 피부색이 아닌 배경 부분은 최소화 하고, 피부색일 확률이 높은 부분만을 포함하도록 한다. 그림 2는 초기 피부색 영역 검출의 예를 보여주고 있다.

그림 2에서 입력 영상 그림 2(a)에 대해서 HSV 색상

공간에서의 피부색 검출 방법이 RGB, YCbCr, YUV-YIQ 색상 공간에서의 피부색 검출 방법에 비해 상대적으로 피부색으로 검출된 배경영역을 최소화하고 있음을 확인할 수 있다. 이로 인하여 HSV, RGB, YCbCr, YUV-YIQ 색상 공간에서의 피부색 검출 결과들의 논리곱 연산 결과가 입력 영상에 대해 배경영역을 최소화하는 결과를 얻을 수 있으며, 후처리로 중간값 필터를 사용한다. 피부색 검출 방법들의 성능은 피부색과 비슷한 배경영역을 얼마나 최소화하고 실제 피부 영역내의 조명 등에 의한 영향을 배제하고 강건하게 검출하느냐에 따라 결정된다. 따라서 본 논문에서는 그림 2(f)의 결과와 같이 기존의 피부색 검출 방법들의 결과들의 논리곱 연산을 통해 초기 피부색 영역에서 배경을 효과적으로 제거 할 수 있는 방법을 제안한다.

2.2 적응적 피부색 분포 모델 및 피부색 확률 영상 생성

본 논문에서 제안하는 피부색 분포 모델을 생성하는 방법은 입력 영상의 초기 피부색 영역으로부터 RGB 색상 공간에서 컬러 벡터 x 의 평균 μ 와 공분산 행렬 Σ 을 이용한 정규 분포 모델로 입력 영상의 초기 피부색 영역에 따라 확률 분포 모델이 적응적으로 생성된다. RGB 컬러 벡터의 확률 분포 모델은 식 (5)와 같다.

$$p(x) = \frac{1}{2\pi^{3/2} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left[-\frac{1}{2} (x - \mu)^T \Sigma^{-1} (x - \mu) \right] \tag{5}$$

위와 같이 생성된 적응적 피부색 분포 모델을 이용하여 입력 영상의 각각 화소의 피부색 확률 값으로 피부색 확률 영상을 생성한다. 그림 3은 생성된 피부색 확률 영상을 보여주고 있다.

그림 3의 예와 같이 본 논문에서 제안하는 적응적 피부색 분포 모델을 사용하여 피부색 검출을 하면 배경 영역의 오류 부분을 배제하고 최대한 실제 피부 영역의 피부색 영역을 부각 시키는 확률 영상을 얻을 수 있다.

2.3 최종 피부색 영역 검출 및 특징 벡터 생성

최종 피부색 영역을 검출하기 위해 이진화된 피부색 확률 분포 영상과 소벨(Sobel) 에지 영상을 결합한다. 피부색 영역에서 4-이웃 화소를 순차적으로 검사하여 각각의 색차와 에지 여부로 피부색 영역을 확산하는 피부색 확산 알고리즘을 적용한다. 그림 4는 최종 피부색

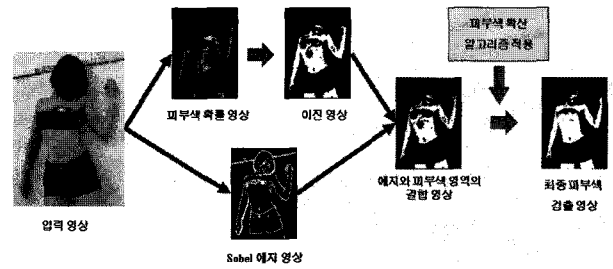


그림 4. 최종 피부색 영역 검출의 예
Fig. 4. Example of detecting final skin color region.

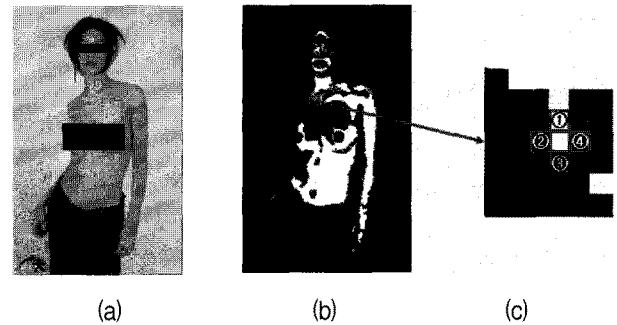


그림 5. 피부색 확산 알고리즘의 예, (a) 입력 영상, (b) 피부색 영역과 에지의 합 영상, (c) 4-이웃 화소의 예
Fig. 5. Algorithm of skin color region growing, (a) input image, (b) skin image + edge image, example of 4-neighbor pixels.

영역을 얻기 위한 과정이다. 입력 영상에 대해 소벨 연산을 이용한 에지 영상과 피부색 확률 영상에 임계값을 적용하여 생성된 이진 피부색 확률 영상을 생성하고, 이를 이용한 피부색 확산 알고리즘을 적용하여 최종 피부색 영역을 구한다.

그림 5는 피부색 확산 알고리즘을 사용하는 예를 보여주고 있으며, 제안하는 피부색 확산 알고리즘은 그림 5의 (c)와 같이 피부색 영역을 기준으로 4-이웃 각각의 화소와 피부색 영역과의 분산 값을 비교하여, 분산 값이 작고, 해당 화소가 에지 화소가 아니면 피부색을 확산한다. 피부색 확산 알고리즘을 통하여 최종 피부색 영역을 검출한다.

본 논문에서는 검출된 최종 피부색 영역과 피부색 영역에 인접한 에지 정보를 이용하여 유해 영상을 분류한다. 유해 영상 분류를 위한 분류기로는 SVM^[8-14]을 이용하며, SVM 학습과 분류에 사용되는 특징벡터는 최종 피부색 검출 영역과 피부색 영역에 인접한 에지의 결합 영상을 80x80의 크기로 정규화한 영상을 특징벡터로 사용한다. 피부색 영역 안에 있거나 인접한 에지들은 사람의 고유의 형태를 알 수 있는 특징으로, 최종 피

부색 검출 영역과 함께 사용하여 유해 영상 분류의 성능을 향상시킬 수 있다.

III. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 방법의 유해 영상 분류 성능을 평가하기 위하여 인터넷과 동영상에서 획득한 유해 영상 2,000장과 기타 영상 2,000장 중 각각 1,000장씩 SVM 학습과 성능 평가를 위해 사용하였다^[15]. 실험을 통해 먼저 입력 영상에서의 적응적 피부색 검출 결과를 보이고 기존의 여러 가지 피부색 검출 방법들을 이용한 결과와 비교한 후, 제안한 방법의 유해 영상 분류 성능과 Duan^[3]의 방법과의 성능을 비교 분석한다.

기존의 피부색 검출 방법들과의 비교에서 제안된 적응적 피부색 검출 방법의 결과는 배경에 피부색과 비슷한 색상이 있는 경우에 기존 방법들과 비교하여 더 좋은 성능을 보여준다. 그림 6과 같이 제안한 방법이 기존의 방법들과는 달리 피부색과 비슷한 배경 부분을 배제하는 결과를 확인 할 수 있다.

적응적 피부색 검출을 통한 유해 영상 분류 성능을 비교 분석하기 위하여, YUV-YIQ 색상 공간에서 피부색을 검출하여 SVM 학습을 통해 생성된 분류 모델로 실험을 한 Duan의 방법과 비교를 수행하였다. 실험 결

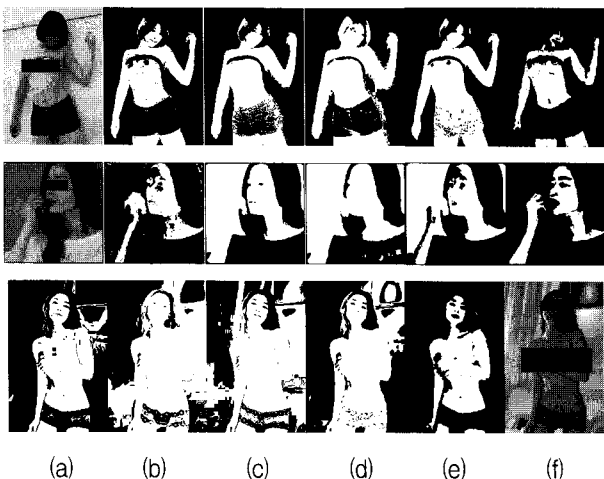


그림 6. 피부색 검출 결과, (a) 입력 영상, (b), (c), (d), (e) HSV, RGB, YCbCr, YUV-YIQ 색상 공간에서의 피부색 검출 결과, (f) 제안한 피부색 검출 결과

Fig. 6. Examples of the skin color region detection, (a) input image, (b), (c), (d), and (e) results of the skin color detection of HSV, RGB, YCbCr, and YUV-YIQ color domain, (f) result of the proposed skin color detection.

표 1. 실험 결과의 비교

Table 1. Performance comparisons of the proposed method and existing method.

	유해 영상 분류율(%)	무해 영상 분류율(%)
L. Duan	80.3	80.5
proposed method	88	89.3

과 제안한 방법이 기존의 방법에 비해 유해 영상에서 9.6%, 무해 영상에서 10.9% 향상된 분류율을 보였고, 이를 통해 본 논문에서 제안한 적응적 피부색 검출 모델로 검출된 피부색 영역과 에지의 결합 영상을 특징 벡터로 사용하는 것이, 유해 영상 분류에 더 적합함을 확인 할 수 있었다. 표 1은 제안한 방법과 Duan의 방법의 분류 결과 비교를 보여준다.

IV. 결론

본 논문은 입력 영상에서 기존의 피부색 검출 방법들을 이용하여 초기 피부색 영역을 검출하고, 초기 피부색 영역을 이용하여 생성된 적응적 피부색 분포 모델을 통해 피부색 확률 영상을 생성한다. 피부색 확률 영상의 이진화된 영상에 피부색 확산 알고리즘을 적용하여 얻어진 최종 피부색 영역과 최종 피부색 영역과 인접한 에지를 특징벡터로 하여 SVM 학습을 통해 생성된 분류 모델로 유해 영상 여부를 판별하는 방법을 제안한다. 제안한 방법은 입력 영상에 따라 적응적으로 피부색 영역을 검출하고 특징 벡터로 피부색 영역과 에지의 합 영상을 사용함으로써, 기존의 유해 영상 분류 방법보다 유해 영상 분류 성능을 향상시킬 수 있었다. 향후 과제로는 유해 영상을 분류하는데 사용되는 유해 정보를 명확하게 구분할 수 있는 특징에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] P. Y. Lee, S. C. Hui, and A. C. M. Fong, "Neural networks for web content filtering," IEEE Intelligent Systems, Vol. 17, No. 5, pp. 48-57, September 2002.

[2] H. Zheng, H. Liu, and M. Daoudi, "Blocking objectionable images: adult images and harmful symbols," in Proc. of IEEE Conf. on Multimedia and Expo, pp. 1223-1226, Taipei, June 2004.

[3] L. Duan, G. Cui, W. Gao, and H. Zhang, "Adult

- image detection method base-on skin color model and support vector machine," in Proc. of Asian Conf. on Computer Vision, pp. 797-800, Melbourne, Australia, January 2002.
- [4] S. Tsekeridou and I. Pitas, "Facial feature extraction in frontal views using biometric analogies," in Proc. of European Signal Processing, pp. 315-318, 1998.
- [5] J. Kovac, P. Peer, and F. Solina, "2D versus 3D colour space face detection," in Proc. of EURASIP Conf. focused on Video/Image Processing and Multimedia Communications, pp. 449-454, July 2003.
- [6] D. Chai and K. N. Ngan, "Face segmentation using skin colour map in videophone applications," IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, Vol. 9, No. 4, pp. 551-564, June 1999.
- [7] P. Kakumanu, S. Makrogiannis, and N. Bourbakis, "A Survey of skin-color modeling and detection methods," Pattern Recognition, Vol. 40, No. 3, pp. 1106-1122, March 2007.
- [8] C. Hsu, C. Chang, and C. Lin, "A practical guide to support vector classification," www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm.
- [9] N. Cristianini and J. Tylor, "An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods," Cambridge University Press, 2000.
- [10] B. Moghaddam and M. H. Yang, "Gender classification with support vector machines," in Proc. of IEEE Conf. on Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 306-311, 2000.
- [11] V. N. Vapnik, "The nature of statistical learning theory," Springer Press, 1995.
- [12] R. Fan, P. Chen, and C. Lin, "Working set selection using second order information for training support vector machines," Journal of Machine Learning Research, Vol. 6, pp. 1889-1018, December 2005.
- [13] T. Joachims, "Support vector and kernel methods," Special Interest Group on Information Retrieval 2003 Tutorial, 2003.
- [14] T. Howley and M. G. Madden, "The genetic kernel support vector machine: description and evaluation," Artificial Intelligence Review, Vol. 24, No. 3-4, pp. 379-395, 2005.
- [15] 윤종원, 박찬우, 문영식, "예지 특징을 이용한 포르노그래피 영상 분류 방법," 대한전자공학회 추계학술대회 제31권 2호, 805-806쪽, 2008년.

 저자 소개



박찬우(학생회원)
 2003년 홍익대학교 조선해양공학과 학사 졸업.
 2007년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.
 2010년 현재 한양대학교 컴퓨터공학과 박사 과정.
 <주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>



박기태(정회원)
 2000년 한양대학교 전자계산학과 학사 졸업.
 2002년 한양대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.
 2007년 한양대학교 컴퓨터공학과 박사 졸업.
 2007년~2009년 삼성전자 책임연구원.
 2009년~현재 한양대학교 연구교수.
 <주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>



문영식(평생회원)-교신저자
 1980년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.
 1982년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사 졸업.
 1990년 Ph. D. in Department of Electrical and Computer Engineering University of California at Irvine.
 1982년~1985년 한국전자통신연구소 연구원.
 1989년~1990년 InnoVisionMedical 선임연구원.
 1990년~1992년 생산기술연구소 선임연구원.
 1992년~현재 한양대학교 컴퓨터공학과 교수.
 <주관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 패턴인식>