

명암 필터와 개선된 허프 변환을 이용한 성인영상 검출

장석우*, 김상희**, 김계영***

Adult Image Detection Using an Intensity Filter and an Improved Hough Transform

Seok-Woo Jang*, Sang-Hee Kim**, Gye-Young Kim***

요약

본 논문에서는 평균 명암 필터와 개선된 2D 허프 변환을 이용하여 영상에서 가슴 영역을 검출함으로써 음란영상을 탐지하는 새로운 방법을 제안한다. 제안된 유해물 영상 검출 방법은 크게 학습 단계, 인식 단계, 검증 단계의 3가지 주요 단계로 구성된다. 학습 단계에서는 가슴의 유두 부분 영상의 학습을 통하여 인식 단계에서 사용할 유두 평균 명암 필터를 생성한다. 인식 단계에서는 입력 영상을 받아들여 에지를 추출하고, 에지의 밀도를 이용해 연결성분을 추출한 후, 추출된 연결성분의 가로와 세로의 길이 비율을 고려하여 유두 후보영역을 결정한다. 그리고 학습된 유두 평균 명암 필터와 입력 영상의 유두 후보영역 사이의 유사도를 측정하여 가장 유사도가 높은 영역을 최종적인 유두 후보영역으로 결정하며, 개선된 2D 허프 변환을 이용하여 영상에서 가슴 라인을 검출한다. 검증 단계에서는 인식 단계에서 획득한 유두 후보영역과 가슴 라인의 위치를 고려하여 가슴 영역을 판단함으로써 유해물 영상의 최종 유무를 결정한다. 실험 결과에서는 다양한 영상을 이용한 실험을 통해 제안한 방법이 가슴 영역을 효과적으로 인식할 수 있음을 보여 주었으며, 결과적으로 제안된 방법이 음란 영상의 검출에 유용하게 활용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

Abstract

In this paper, we propose an adult images detection algorithm using a mean intensity filter and an improved 2D Hough Transform. This paper is composed of three major steps including a training step, a recognition step, and a verification step. The training step generates a mean nipple variance filter that will be used for detecting nipple candidate regions in the recognition step. To make the mean variance filter, we converts an input color image into a gray scale image and normalize it, and make an average intensity filter for nipple areas. The recognition step first extracts edge images and finds connected components, and decides nipple candidate regions by considering the ratio of width and height of a connected component. It then decides final nipple candidates by calculating the similarity between the learned nipple average intensity filter and the nipple candidate areas. Also, it detects breast lines of an input image through the improved 2D Hough transform. The verification step detects breast areas and identifies adult images by considering the relations between nipple candidate regions and locations of breast lines.

▶ Keyword : 유해물 영상(adult image), 평균명암 필터(mean intensity filter), 허프 변환(Hough transform)

• 제1저자 : 장석우 교신저자 : 김계영

• 투고일 : 2009. 03. 20, 심사일 : 2009. 04. 18, 게재확정일 : 2009. 04. 22.

* 안양대학교 디지털미디어공학과 전임강사 ** 숭실대학교 IT대학 컴퓨터학부 석사과정

*** 숭실대학교 IT대학 컴퓨터학부 부교수

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음

1. 서론

초고속 네트워크 기술의 보급으로 인터넷을 통해 다양하고 유용한 정보를 시간과 장소에 구애받지 않고 획득하기가 매우 용이해진 반면 성인 영상과 같은 유해물이 청소년을 넘어 어린이들에게까지 무분별하게 스며들고 있어 많은 성범죄 및 사회적인 문제로까지 대두되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 유해 단어의 차단, 특정 사이트의 URL 차단 등과 같은 방법이 시행되고 있으나 변형된 유해 단어의 사용과 URL의 지속적인 교체 등으로 인해 그 효과는 미비한 편이다. 따라서 이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 영상이 음란 영상인지 아닌지의 여부를 판단할 수 있는 방법이 필요하다.

최근 들어 성인 유해물 영상의 탐지 및 차단을 위한 많은 연구가 진행되고 있는데, 이런 연구들에는 최초의 성인 영상 식별 방법인 스킨 필터(skin filter)와 기하학적 분석을 통한 방법[1-3], 컬러 히스토그램과 웨이블릿(wavelet) 매칭 방법을 사용한 WIPE(Wavelet Image Pornography Elimination) 방법[4-5], 컬러, 텍스처, 모양 특징 등을 사용하는 내용 기반의 영상 검색 방법[6], 그리고 많은 영상에 대한 학습을 통해 생성한 적응적 피부색상 모델(skin color model)을 기반으로 한 방법[7] 등이 존재한다.

이런 기존 연구의 대부분은 피부색을 기본 특징으로 하여 음란영상을 판별한다. 그러나 단순 피부색상에 의존할 경우 인종의 피부색 차이와 개인의 피부색 차이가 모두 상이하고, 조명과 광학기기의 왜곡에 의한 피부색의 변형 등으로 인해 일반적인 피부색 패턴을 추출하기가 매우 어렵다. 그리고 피부색과 유사한 배경영상이 존재할 경우에는 유해영상이 아님에도 불구하고 유해영상으로 판단하는 오류도 많이 발생한다. 또한 씨름, 복싱, 수영 영상과 같이 음란영상이 아닌 경우에도 영상에 피부색이 많이 분포되어 있을 수 있으므로 유해영상으로 오판하는 경우가 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 단순히 피부색에만 의존하여 유해 영상물을 판별하지 않고, 피부색과 유두 평균 명암 필터를 이용하여 유두 후보 영역을 추출한 후 본 논문에서 새롭게 제안한 2D 허프 변환을 이용하여 가슴선을 검출하는 방법을 제안한다. 이 방법은 유해물을 판단하는 신체 구성요소 중의 하나인 여성의 가슴을 탐지하여 유해 영상물의 유무를 판별하므로 보다 효과적으로 성인 영상을 구별할 수 있다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 성인영상 검출 방법의 전체적인 개요를 보여준다.

그림 1에서 보는 바와 같이 제안된 방법의 학습 단계에서는 다양한 유두 영상의 명암값을 학습하고 정규화를 통해 평균 명암 필터를 생성하고, 인식 단계에서는 입력된 영상으로부터 피부색을 사용하여 배경 영역을 제거한 후 검출된 피

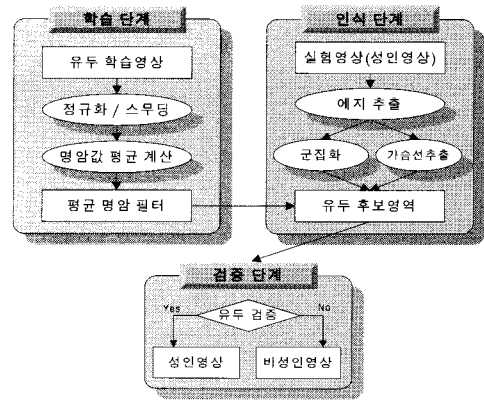


그림 1. 시스템 전체구조
Fig. 1. Overall Flow

부 영역 중에서 유두 부분에 대한 평균 명암 필터를 이용하여 유두 후보영역을 추출한다. 또한, 피부영역을 에지영상으로 변환하고 개선된 2D 허프 변환을 적용하여 가슴선 라인을 검출한다. 검증 단계에서는 유두 후보영역과 가슴선 후보영역의 위치 비교를 통하여 가슴 탐지의 최종 유무를 판단하여 음란 영상인지 아닌지를 결정한다.

1장에서는 본 논문의 연구 동기와 전체적인 개요를 기술하였다. 2장에서는 학습을 통하여 유두에 대한 평균 명암 필터를 생성하는 방법에 대해 기술하고, 3장에서는 유두 명암필터를 이용하여 유두 후보영역을 검출하는 방법을 설명한다. 4장에서는 개선된 2D 허프 변환을 이용하여 가슴 라인을 검출하는 방법에 대해 기술하고, 5장에서는 검출된 유두 후보 영역과 가슴 라인과의 위치를 비교하여 영상에서 가슴의 존재 여부를 최종적으로 판단한다. 그리고 6장에서는 제안된 방법을 이용하여 성인 영상을 검출한 다양한 실험결과를 설명하고, 마지막으로 7장에서는 결론 및 향후연구 방향에 대해 기술한다.

II. 유두 평균 명암필터 생성

본 논문에서는 성인 음란영상의 판단 기준으로 여성의 가슴과 유두의 노출 여부를 사용한다. 먼저, 입력영상으로부터 유두의 노출 여부를 판단하기 위하여 여러 형태의 유두 영상을 학습영상으로 사용하여 유두의 평균 명암 필터를 생성한다. 학습단계에서 생성한 유두 평균 명암 필터는 인식 단계에서 유두의 후보영역을 검출하기 위해 사용된다. 유두 평균 명암 필터를 생성하기 위하여 먼저 그림 2와 같은 학습 영상을 28×28 화소 크기로 정규화 한다.

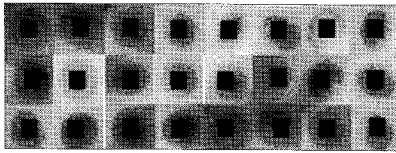


그림 2. 학습 영상
Fig. 2. Images for Learning

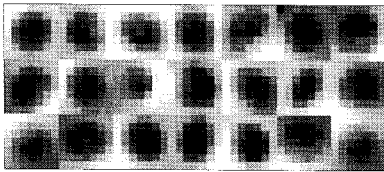


그림 3. 정규화된 학습 영상
Fig. 3. Normalized Images for Learning

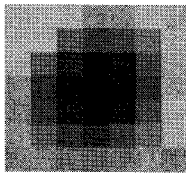


그림 4. 학습필터 영상
Fig. 4. Filter Image

본 논문에서는 학습 영상의 조명(Illumination) 분포가 각 영상마다 동일하지 않기 때문에 영상의 명암 분포 정규화(normalization)를 통하여 정확한 데이터가 학습될 수 있도록 한다. 이를 위해 본 논문에서는 히스토그램 평활화(histogram equalization)를 수행한다[8]. 일반적으로, 히스토그램 평활화는 히스토그램에서 명암값의 분포를 더 넓게 퍼뜨려(spreading) 이상적으로는 명암 값에 대한 화소의 수를 모두 일정하게 만드는 연산으로 영상 개선(enhancement) 분야에서 많이 사용되는 방법 중의 하나이다. 본 논문에서는 히스토그램 평활화를 통해 생성된 학습 영상(28*28)을 다시 하부 영역(4*4) 단위로 분할하여 각 하부 영역의 명암 값의 평균을 계산하여 그 값을 대표 값으로 하는 최종 학습 데이터 영상을 생성한다. 그림 3은 정규화된 학습 데이터 영상의 예를 보여주고 있으며, 그림 4는 이와 같은 학습을 통하여 완성된 최종 유두 평균 명암 필터 영상을 보여준다.

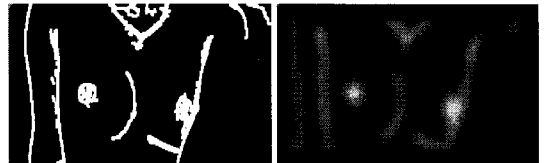
최종 학습 데이터가 생성되면 모든 학습 데이터 영상의 각 위치 (x,y)에 대하여 평균을 계산하여 유두 평균 명암 필터를 생성한다. 식 (1)은 평균 명암 필터를 생성하는 수식이다.

$$F(x,y) = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N I^k(x,y) \dots\dots\dots (1)$$

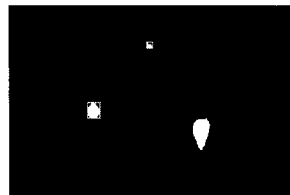
식 (1)에서 $F(x,y)$ 는 평균 명암필터를 의미하며 2차원 배열로 표현된다. N은 학습영상의 개수를 말하고, $I(x,y)$ 는 학습영상을 나타낸다. 위의 과정을 거쳐 획득한 유두 평균 명암 필터는 인식 단계에서 유두 후보영역을 검출하기 위해 사용된다.

III. 유두 후보영역 추출

본 단계에서는 학습 단계에서 생성한 유두 영역의 평균 명암 필터를 사용하여 입력 영상으로부터 유두 후보영역을 추출한다. 먼저, 피부영역이 아닌 배경영역에서 유두 후보영역이 검출되는 것을 방지하기 위해서 [9]에서 제안한 피부색 추출 방법을 사용하여 입력 영상으로부터 피부영역을 추출하였다. 그런 다음, 추출된 피부영역 안에서 유두 평균 명암 필터를 적용하여 유사도를 측정하고, 측정된 유사도 값이 실험적으로 획득한 임계값(threshold)의 범위 안에 포함되면 해당 영역을 유두 후보 영역으로 판단한다.



(a) 에지 팽창 (a) Edge Dilation (b) 에지 밀도영상 (b) Edge Density



(c) 유두 후보영역 (c) Nipple Candidates

그림 5. 유두 후보영역 추출
Fig. 5. Nipple Candidates Extraction

유두의 평균 명암 필터를 사용하여 유두 후보영역을 추출할 때 입력 영상에서 유두의 크기를 미리 알지 못하기 때문에 학습된 필터의 크기를 결정하는데 문제가 생긴다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 에지의 밀도와 비율을 사용하여

유두의 크기를 예측하여 사용한다. 그림 5 (a)와 같이 피부영역에 캐니(Canny) 에지연산을 적용하여 에지를 검출한 후, 에지 팽창(dilation) 연산을 적용하여 에지의 강도를 높인다. 그리고 그림 5 (b)와 같이 15×15 화소 크기 안에 존재하는 에지의 수를 계산하여 에지 밀도 영상을 생성한다. 다시 말해, 생성된 에지 밀도영상에서 화소 값은 해당되는 15×15 화소 영역 내에 속한 에지의 개수를 의미한다.

그런 다음, 생성된 에지 밀도 영상을 분석하여 이진화 한 후 에지의 연결 성분(connected components)을 추출한다. 일반적으로, 유두는 가로와 세로의 비율이 1대 1인 원형에 가까우며 에지의 밀도가 매우 높기 때문에 각 연결 성분에 최소 포함 사각형(MER: Minimum Enclosed Region)을 구하여 에지의 수가 MER의 70%, 그리고 MER의 가로와 세로의 비율이 1.0에서 1.3안에 포함되는 영역을 제외한 나머지 영역을 제거하면 그림 5 (c)와 같은 영역만 남게 되는데, 이 영역들을 1차 유두 후보영역으로 판단한다.

에지 밀도 영상과 연결 성분을 이용하여 추출한 1차 유두 후보영역에 학습된 유두 평균 명암 필터를 적용하여 명암값의 유사도를 측정함으로써 최종 유두 후보영역을 검출할 수 있게 된다. 본 논문에서는 유두 후보영역 추출의 수행 속도를 향상시키기 위해서 입력 영상을 4분의 1로 축소시키고, 학습 단계에서 생성한 필터도 4×4 화소 블록을 한 화소 단위로 축소시켜 적용한다. 다시 말해, 입력 영상과 학습 필터 모두 원래 크기의 4분의 1의 비율로 축소시켜 실제 계산에 사용한다. 식 (2)는 유두 평균 명암 필터와 1차 유두 후보영역 사이의 유사도를 측정하는 수식을 나타낸다.

IF $\alpha < S(I_q, I_t) < \beta$ *THEN* \exists *pple Candidate*

$$S(I_q, I_t) = \frac{1}{m \times m} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m |(I_q(i, j) - I_t(i, j))| \dots\dots (2)$$

식 (2)에서 m은 필터의 크기로 1차 유두 후보영역에서 만족된 영역의 가로 또는 세로의 크기이다. 그리고 $I_q(i, j)$ 는 입력영상을 나타내고, $I_t(i, j)$ 는 m배 만큼 확대한 유두 평균 명암 필터를 의미한다. $I_q(i, j)$ 와 $I_t(i, j)$ 의 대응하는 각 화소 값을 뺀 절대값을 모두 더한 평균값이 α 와 β 값 사이에 포함된다면 최종 유두 후보영역으로 판단한다. 본 논문에서 α 는 0, β 는 100을 실험적으로 획득하여 사용한다.

IV. 가슴선 검출

본 논문에서는 가슴 라인을 검출하기 위하여 개선된 2D 허프(Hough) 변환을 사용하였다. 일반적으로, 허프 변환은 디지털 영상에서 모양 형태를 검출하는 대표적인 방법으로 직선, 원, 타원 등의 형태를 검출하는 많은 방법들이 기존의 문헌에 소개되어 있다[10-14]. 허프 변환은 공간 영역의 이미지를 파라미터 공간(parameter space)으로 변환하는 방법으로 형태 분석에 유용한 도구이다. 허프 변환은 모양 형태로부터 전체적인 특징을 뽑아내고, 잡음이나 폐색이 존재하더라도 좋은 결과를 보여준다고 알려져 있다.

가슴은 보통 원형으로 이루어져 있으므로 입력 영상에서 원형을 검출하면 가슴선을 유추할 수 있다. 그러나 가슴선의 에지는 완전한 원형으로 표현되지 않고 일부만 나타나는 경우가 많기 때문에 일반적인 2D 허프 변환을 사용하여 가슴선을 검출할 수는 없다. 따라서 본 논문에서는 원형의 에지가 일정한 부분만 나타나도 원의 형상을 검출할 수 있는 개선된 2D 허프 변환 방법을 제안한다.

본 논문에서는 먼저 피부영역 영상에 불필요한 잡음이 나타나지 않도록 가우시안 스무딩(Gaussian smoothing)을 적용한 후 캐니 에지연산을 통해 에지 영상을 추출한다. 추출된 에지 영상은 크기가 작은 에지는 사라지고 라인 성분이 강한 에지만 존재하게 되는데, 이 에지를 가지고 2D 허프 변환을 수행한다. 또한, 유두 후보영역으로 추출된 부분의 에지를 삭제한다. 그 이유는 유두 부분에 에지가 존재하면 허프 변환 시 방해가 되어 정확한 가슴선을 찾을 수가 없기 때문이다.

에지 검출 후 생성된 에지 영상에서 각 에지 포인트는 가슴선을 구성하는 라인의 후보 화소가 된다. 후보 화소에서 직선을 구성하는 두 점을 결정하기 위해서는 각 에지 포인트 위에 11×11 마스크를 씌워 1번째 행, 열과 11번째 행, 열에 속한 에지 포인트를 두 점으로 하는 직선의 방정식을 계산한다. 이때 에지 포인트와 1, 11번째 행, 열에 속한 에지는 같은 라인에 포함되는 성분으로 가정한다. 1번째와 11번째 행, 열에 속한 에지 포인트의 두 점을 지나는 직선의 방정식을 구하기 위해서는 아래의 식 (3)을 사용한다.

$$y = \frac{x_A - x_B}{y_A - y_B} x + \frac{x_A^2 + y_A^2 - x_B^2 - y_B^2}{2(y_A - y_B)} \dots\dots\dots (3)$$

마스크에서 1번째와 11번째 열에 포함된 포인트로 직선을 구한 후 그 직선에 수직인 직선의 방정식을 구한다. 두 점으로 이루어진 직선의 방정식을 $y = ax + b$ 라고 할 때 이 직선에 수직인 직선의 방정식은 식 (4)와 같다.

$$y' = -\frac{1}{a}x' + b \dots\dots\dots (4)$$

이때 에지 포인트로 이루어진 직선의 기울기 a 와 두 직선의 교차점과 에지 포인트를 사용하여 수직인 직선의 방향을 계산한다. 두 직선의 교차점을 (x_c, y_c) 라 하고, 후보 에지 포인트를 (x_e, y_e) , 원의 중심을 (x_o, y_o) 라 한다면 그림 6과 같이 수직인 직선의 방향 계산 식은 식 (5) 및 식 (6)과 같다. 식 (5)와 (6)에서 DX 는 수직인 직선의 방향이다. DX 가 양수이면 x 좌표를 증가하면서 대응하는 y 좌표를 계산하고, DX 가 음수이면 x 좌표를 감소하면서 y 좌표를 계산한다.

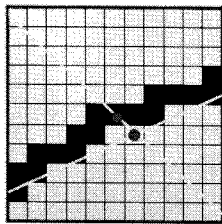
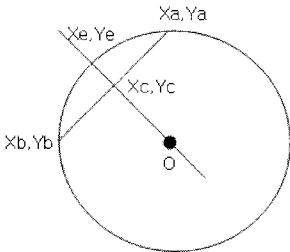


그림 6. 방향 검출
Fig. 6. Direction Extraction

$$\begin{cases} DX > 0, \text{ if } (a > 0 \ y_c < y_e), (a < 0 \ y_c > y_e) \\ DX < 0, \text{ if } (a > 0 \ y_c > y_e), (a < 0 \ y_c < y_e) \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} DX > 0, \text{ if } (a > 0 \ x_c > x_e), (a < 0 \ x_c < x_e) \\ DX < 0, \text{ if } (a > 0 \ x_c < x_e), (a < 0 \ x_c > x_e) \end{cases} \quad (6)$$

식 (5)는 11×11 마스크의 1열과 11열에 포함된 후보 에

지 포인트에 대해 수직인 직선의 방정식의 방향성이고, 식 (6)은 11×11 마스크의 1행과 11행으로 계산된다. 그림 7과 같이 마스크 안의 같은 위치에 에지 포인트가 생기면 원의 상, 하, 좌, 우(0°, 90°, 180°, 270°) 부근에 해당하는 부분으로 판단하고, 이 부분은 계산에서 제외한다.

이와 같은 방식으로 각 에지 포인트에 대하여 두 포인트로 이루어진 직선에 수직인 직선은 그림 6과 같이 원의 중심을 향한다고 가정하고, 누적 배열을 생성하여 2D 허프 변환 공간을 구성한다. 본 논문에서는 기존의 허프 변환과 다르게 타원은 배제하고 원 검출을 위해서 식 (7)과 같이 3개의 파라미터를 가지는 누적 배열을 생성한다. 식 (7)에서 (x, y) 는 이전 단계에서 계산한 수직선 상의 포인트이고, r 은 (x, y) 와 후보 에지 포인트와의 거리를 나타낸다.

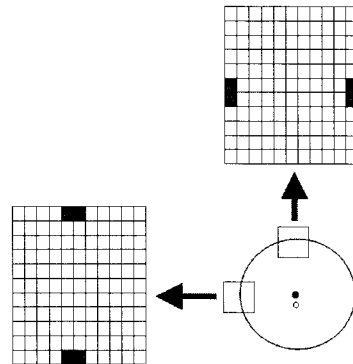


그림 7. 예외 상황
Fig. 7. Exceptions

$$x = x + DX \dots\dots\dots (7)$$

$$y = a(x + DX) + b$$

$$r = \sqrt{(x_e - x)^2 + (y_e - y)^2}$$

식 (7)에서 구성된 누적 배열에서 가장 많이 투표(voting)된 부분을 찾아 그 좌표를 원의 원점 (x_o, y_o) 으로 하고, 그 좌표에 해당하는 r 의 값을 가지고 식 (8)과 같은 원을 그린다.

$$r^2 = (x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 \dots\dots\dots (8)$$

본 논문에서 제안하는 2D 허프 변환을 수행하였을 때 원의 중심점은 실수(floating point)로 계산되나, 영상 좌표는

정수이기 때문에 원의 중심은 그림 8 (b)와 같이 한곳으로 집중되지 못하고 지역적 분포를 형성한다. 따라서 본 논문에서는 분포의 군집화(clustering)를 통해서 정확한 원의 중심을 찾는다(15-17). 군집화 단계에서 누적 배열에서 유사한 지점에 원의 중심이 위치할 경우에는 누적 배열에서 증가된 값을 가중치로 사용하여 원의 새로운 중심점을 계산한다. 식 (9)는 군집화를 통해 새롭게 정의된 원의 중심점 (nx, ny)와 반지름 nr을 나타낸다.

$$nx = \frac{\sum_{i=0}^n x_i \sigma_i}{\sum_{i=0}^n \sigma_i} \quad ny = \frac{\sum_{i=0}^n y_i \sigma_i}{\sum_{i=0}^n \sigma_i} \quad nr = \frac{\sum_{i=0}^n r_i \sigma_i}{\sum_{i=0}^n \sigma_i} \quad \dots\dots\dots (9)$$

식 (9)에서 σ 는 가중치로서 본 논문에서는 누적 배열의 (x, y) 좌표에서 증가된 값을 사용하며, n은 군집화 과정에 포함된 원 중심의 후보영역의 수를 나타낸다. 그림 8과 그림 9는 실험을 위해서 인위적으로 생성한 원에 본 논문에서 제안한 2D 허프 변환을 적용시킨 결과이다.

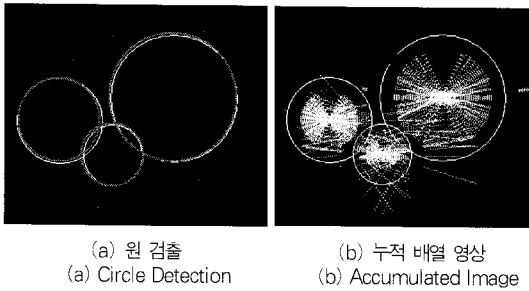


그림 8. 중첩 원 검출
Fig. 8. Detecting Occluded Circles

그림 8 (a)는 인위적으로 만든 부분적으로 중첩된 3개의 원에 대해서 본 연구에서 개발한 원 검출 알고리즘을 적용한 결과를 보여주고 있으며, 그림 8 (b)는 이 때 사용한 누적 배열 영상을 보여준다. 대체적으로 가상으로 생성된 영상에서는 원의 형상을 비교적 정확하게 검출하고 있음을 알 수 있으나, 군집화의 과정으로 인한 약간의 오차는 존재함을 알 수 있다. 그림 9에서는 원 형상 예지의 일부만 존재하더라도 원 형상이 검출되는 것을 확인할 수 있다. 그림 9 (a)는 입력 영상을 나타내고, (b)는 원을 검출하기 위해서 생성한 누적 배열 영상을 나타내며, (c)는 제안된 방법으로 최종적으로 원을 검출한 결과를 보여주고 있다. 그리고 그림 10은 실제 영상을 사용하여 본 논문에서 제안한 원 검출 알고리즘을 적용하여 가슴선을 추출한 결과를 보여준다.

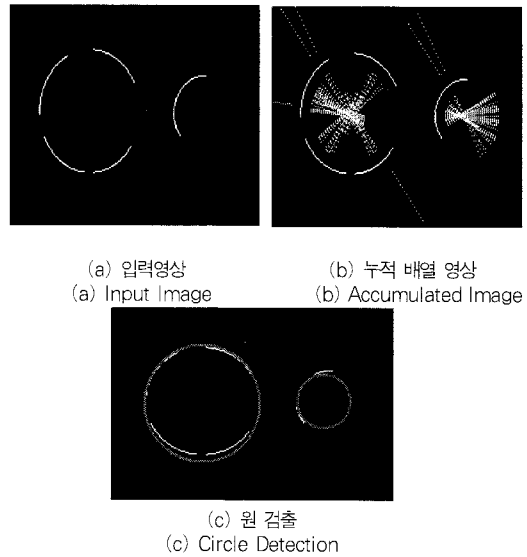


그림 9. 부분 예지에서 원 검출
Fig. 9. Circle Detection from Partial Edges



그림 10. 가슴선 추출 결과
Fig. 10. Breast Line Detection

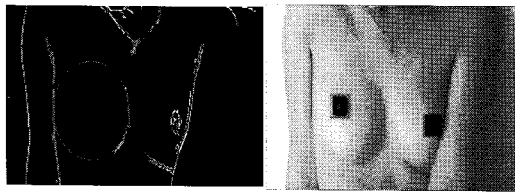
V. 검증 단계

본 단계에서는 인식 단계인 유두 후보 영역 검출 단계와 가슴선 추출 단계로부터 획득한 두 가지 정보를 이용하여 영상에서 가슴의 존재 여부를 최종적으로 판단하는 단계이다. 최종 검증 단계에서는 유두 후보 영역이 가슴 라인을 형성하는 원 안에 포함될 경우 가슴이 존재한다고 가정하고 음란영상으로 판단하며, 반대로 유두 후보 영역이 가슴 선을 형성하는 원 안에 포함되지 않을 경우에는 음란영상이 아닌 영상으로 판단한다. 다시 말해, 유두 후보 영역에 대응하는 사각형의 중심점이 가슴 선을 이루는 원 안에 포함될 경우에는 가슴이 존재한다고 판단한다. 이를 수식으로 간략하게 표현하면 식 (10)과 같다.

$$R_o(x,y) \in C_{region} \dots\dots\dots (10)$$

식 (10)에서 R_o 는 유두 후보 영역 사각형의 중심점을 나타내며, C_{region} 는 가슴 선을 이루는 원의 영역을 나타낸다. 유두 후보 영역 사각형의 중심점이 가슴 선을 이루는 원의 영역에 포함된 픽셀일 경우에는 위의 식을 만족하며, 가슴이 존재한다고 판단할 수 있다.

그림 11은 검증 단계의 예를 보여주고 있다. 그림 11 (a)는 개선된 허프 변환을 사용하여 추출한 가슴선 영역인 C_{region} 을 보여주며, 그림 11 (b)는 평균 명암 필터를 이용하여 추출한 유두 후보 영역들을 보여준다. 그림 11 (b)의 좌측 R_o 가 가슴선 안에 포함되므로 이 영역에 가슴이 존재한다고 판단한다.



(a) C_{region} 영역
(a) Region C_{region}
Left R_o (b) 좌측 R_o

그림 11. 검증 단계
Fig. 11. Verification Stage

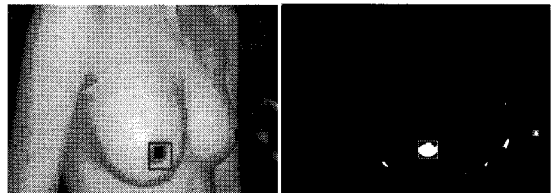
VI. 실험결과

본 논문에서는 실험을 위하여 인텔 펜티엄 2.4GHz CPU와 1GB의 메모리를 탑재한 데스크탑 PC를 사용하였다. 그리고 운영체제로는 마이크로소프트 Windows XP Professional을 이용하였고, 마이크로소프트 Visual C++ 6.0 컴파일러를 사용하여 프로그램을 개발하였다. 실험 영상으로는 인터넷을 검색하여 획득한 성인 영상 100개를 사용하였다. 표 1은 본 연구에서 제안한 성인 영상 검출 방법으로 가슴선을 검출한 실험 결과를 보여주고 있다.

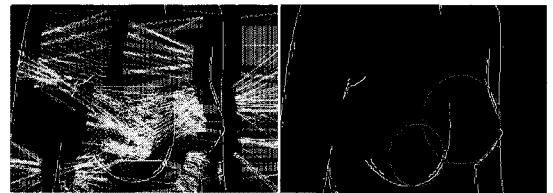
표 1. 음란 영상 실험 결과
Table 1. Experimental results

구분	정확도	
음란영상	전신	76%
	상체	94%
비 음란영상	7%	

표 1과 같이 성인 영상은 전신 영상과 상체 영상으로 구분하였으며 비 음란영상은 음란 영상을 제외한 자연 영상에 대하여 실험하였다. 그림 12, 그림 13, 그리고 그림 14는 여러 입력 영상을 받아들여 가슴 라인을 추출한 실험 결과들을 보여주고 있다. 각 그림의 (a)는 실험에 사용한 입력 영상을 보여주고 있으며, (b)는 학습 단계에서 생성한 유두 평균 명암 필터를 이용하여 추출한 1차 유두 후보 영역을 보여준다. 그리고 (c)는 허프 공간에서 사용되는 누적 배열 영상을 나타내고 있으며, (d)는 최종적으로 검출한 가슴 영역을 원으로 표시해 주고 있다. 그림 12에서는 가슴 라인의 위치와 최종 유두 후보 영역의 위치가 올바르게 추출되었으므로 가슴의 존재도 정확하게 확인할 수 있었다. 그리고 그림 13에서도 비교적 정확하게 가슴의 위치를 검출됨을 확인할 수 있었다. 그러나 그림 14에서는 가슴 라인이 잘못 추출되어 가슴을 정확하게 검출하지 못한 결과를 보여주고 있다.

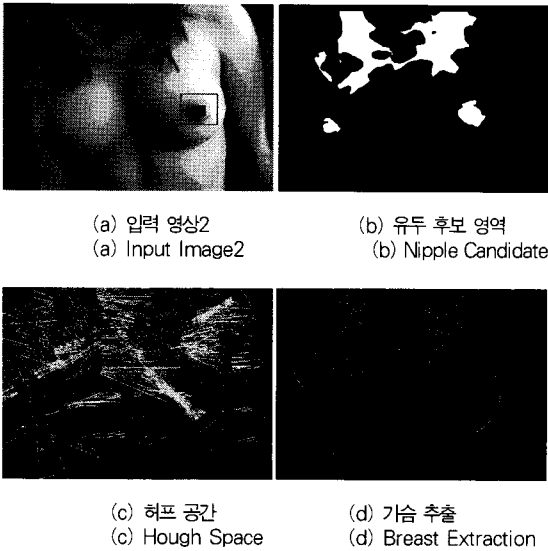


(a) 입력 영상1
(a) Input Image1 (b) 유두 후보 영역
(b) Nipple Candidate



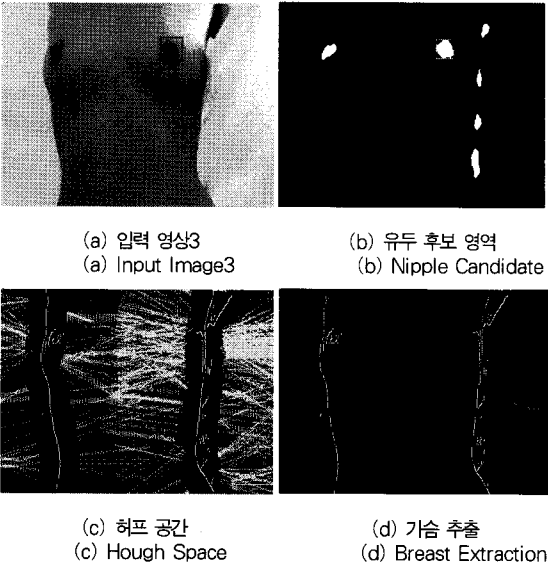
(c) 허프 공간
(c) Hough Space (d) 가슴 추출
(d) Breast Extraction

그림 12. 실험결과1
Fig. 12. Experimental Result 1



(a) 입력 영상2 (a) Input Image2
 (b) 유두 후보 영역 (b) Nipple Candidate
 (c) 허프 공간 (c) Hough Space
 (d) 가슴 추출 (d) Breast Extraction

그림 13. 실험결과2
 Fig. 13. Experimental Result 2



(a) 입력 영상3 (a) Input Image3
 (b) 유두 후보 영역 (b) Nipple Candidate
 (c) 허프 공간 (c) Hough Space
 (d) 가슴 추출 (d) Breast Extraction

그림 14. 실험결과 3
 Fig. 14. Experimental Result 3

실험결과를 전체적으로 분석해 볼 때 전신 음란 영상일 경우에는 얼굴 영역 때문에 잘못된 검출 결과를 많이 도출하였으며, 이에 비해 얼굴 영역을 제외한 상체만 존재하는 음란 영상일 경우에는 높은 정확도를 보였다. 그러나 가슴이 작거나 영상의 해상도가 낮은 경우 가슴선의 예지가 잘 추출되지 않아 가슴라인의 추출에 실패하였다. 비 음란영상을 음란영상으로 판별하는 경우는 약 7% 정도로 나타났다. 이것은 자연

영상에서도 원형이 존재하거나 유두 평균 명암필터의 유사도가 유사한 영역이 존재함을 확인할 수 있었다.

기존의 음란영상 탐지 방법은 피부색을 추출하고 피부영역의 총 면적, 방향성 등을 이용하여 학습한 후 음란영상을 탐지하는 경우가 대부분이다. 이 경우 피부색이 검출되는 비음란 영상에서도 음란영상으로 탐지되는 경우, 즉 'True Negative'가 발생할 수 있으며, 학습되지 않은 음란영상의 경우 'False Positive'가 발생할 수도 있다. 그러나 본 논문에서 제안한 음란영상 탐지 방법은 피부색을 추출한 후 해당 피부색 내부에서 가슴선과 유두를 탐지하여 여성의 가슴 영역을 검출하고, 해당 영역이 임계값 이상 존재할 경우에 음란영상이라고 판단한다. 따라서 추가적인 학습 없이도 기존의 방법에 비해 오 검출률을 상당히 줄일 수 있었다. 표 2는 기존 방법과 제안한 방법을 비교하여 설명하고 있다.

표 2. 음란영상 판별 비교
 Table 2. Method Comparison

	Lee 방법(7)	Shih 방법(6)	제안한 방법
사용 방법	피부영역의 칼라, 에지, 형태 특징을 구하여 임계값 산출 후 유해영상 판정	피부영역 산출 후 인공신경망을 이용해 학습한 후 학습내용과 입력영상을 매칭하여 유해영상 판정	영상의 피부영역 내부에서 가슴영역을 검출한 후, 가슴의 존재유무와 검출 개수로 유해영상 판정
성능	비커니 모델이나, 씨름, 수영 영상과 같은 피부영역이 많이 검출되는 비음란 영상에서 True Negative 발생률이 높음	학습량에 의존적이고 True Negative 발생률이 높으며, 학습되지 않은 음란영상의 추출이 잘 이루어지지 않음	가슴부분의 피부영역만 제대로 탐지된다면 높은 정확도를 보여줌 True Negative 발생률이 상당히 낮음

단지 낮은 해상도, 모델의 가슴 크기, 조명 및 카메라의 각도에 의해 가슴이 나타나지 않거나 가슴선이 제대로 검출되지 않는 영상, 남성 위주의 음란영상, 하반신만 존재하는 음란영상의 경우에는 검출할 수 없다는 단점이 있으며, 이를 보완하기 위해 가슴 뿐만 아니라 다른 신체 구성요소를 검출하는 방법을 추가적으로 연구한다면 더 좋은 결과가 있을 것으로 보인다.

VII. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 영상에서 유두에 해당하는 평균 명암 필터와 개선된 2D 허프 변환을 이용하여 가슴 영역을 탐지함으로써 유해물 영상을 판단하는 방법을 새롭게 제안하였다. 본 논문에서 제안된 과정은 크게 학습 단계, 인식 단계, 검증 단계의 3가지 주요 단계로 구성된다.

학습 단계에서는 영상에서 가슴의 유두 부분의 명암값 학습을 통해 인식 단계에서 사용할 유두 평균 명암 필터를 생성한다. 인식 단계에서는 입력 영상에서 유두 후보영역을 찾고 본 논문에서 제안하는 개선된 2D 허프 변환을 사용하여 가슴 라인을 검출한다. 이 때 최종 유두 후보영역을 예지 영상에서 제거하여 보다 정확한 가슴라인을 획득하였다. 개선된 2D 허프 변환의 장점으로는 원 형상이 일부만 존재할 경우에도 원 형상의 획득이 가능했고, 작은 파라미터를 가지는 누적배열 때문에 수행 속도가 향상됨을 확인할 수 있었다.

마지막으로 검증 단계에서는 인식 단계에서 얻어진 유두 후보영역과 가슴 라인의 위치 판별로 최종적인 가슴을 검출함으로써 유해물 영상의 최종 유무를 판단하였다. 그리고 실험 결과 제안한 방법으로 가슴을 인식할 수 있었고, 유해물 영상 판단에 좋은 방법으로 사용할 수 있었음을 확인하였다.

현재 유해물 영상 인식 분야의 연구가 많이 미흡하다. 특히, 본 논문에서는 입력 영상을 스킨 영역으로 제한을 두어 실험을 하였으나, 보다 정확한 스킨 컬러에 대한 연구가 진행되고 현재까지의 결과와 통합된다면 보다 정확도가 높은 유해물 영상의 인식에 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 그리고 다른 영상 처리 분야에서도 비슷하지만 본 논문에서도 실험적으로 임계치를 추출하여 사용하였는데, 보다 다양한 실험을 통해서 보다 정확하게 임계치를 획득하는 방법이나, 임계치를 인위적인 실험에 의해 생성하지 않고 자동화한다면 보다 정확도가 높은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] M. M. Fleck, D. A. Forsyth, C. Bregler, "Finding Naked People," Proceedings of the 4th European Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 593-602, 1996.
- [2] M. M. Fleck, D. A. Forsyth, "Identifying Nude Pictures," Proceedings of the 3rd IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, pp. 103-108, 1996.
- [3] M. M. Fleck, D. A. Forsyth, "Body Plans," Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 678-683, 1997.
- [4] J. Z. Wang, G. Wiederhold, O. Firschein, "System for Screening Objectionable Images Using Daubechies' Waveletes and Color Histograms," Interactive Distributed Multimedia Systems and Tele-communication Services, pp. 20-30, 1997.
- [5] J. Z. Wang, J. Li, G. Wiederhold, O. Firschein, "System for Screening Objectionable Images," Computer Communications, Vol. 21, No. 15, pp. 1355-1360, 1998.
- [6] Jau-Ling Shih, Chang-Hsing Lee, Chang-Shen Yang, "An Adult Image Identification System Employing Image Retrieval Technique," Pattern Recognition Letter, Vol. 28, pp. 2367-2374, 2007.
- [7] Jiann-Shu Lee, Yung-Ming Kuo, Pau-Choo Chung, E-Liang Chen, "Naked Image Detection based on Adaptive and Extensible Skin Color Model," Pattern Recognition, Vol. 40, No. 8, pp. 2261-2270, 2007.
- [8] Randy Crane, "A Simplified Approach to Image Processing," Prentice Hall PTR, pp. 46-59, 1997.
- [9] C. Garcia and G. Tziritas, "Face Detection Using Quantized Skin Color Regions Merging and Wavelet Packet Analysis," IEEE Transactions on Multimedia, Vol. 1, Issue 3, pp. 264 - 277, Sept. 1999.
- [10] Guo Can Feng and Pong C. Yuen, "Multi-Cues Eye Detection on Gray Intensity Image," Pattern Recognition, Vol. 34, Issue 5, pp. 1033-1046, 2001.
- [11] Dimitrios Ioannou, Walter Huda, Andrew F. Laine, "Circle Recognition through a 2D Hough Transform and Radius Histogramming," Image and Vision Computing, Vol. 17, No 1, pp. 15-26. Jan. 1999.
- [12] Noriaki Suetake, Eiji Uchino, and Kanae Hirata, "Generalized Fuzzy Hough Transform for Detecting Arbitrary Shapes in a Vague and Noisy Image," Soft Computing, Vol. 10, No. 12, pp. 1161-1168, Oct. 2006
- [13] G. L. Foresti, C. S. Regazzoni, G. Vernazza, "Circular Arc Extraction by Direct Clustering in a 3D Hough Parameter Space," Signal

- Processing, Vol 41, Issue 2, pp. 203-224, 1995.
- [14] J. Cha, R. H. Cofer, S. P. Kozaitis, "Extended Hough Transform for Linear Feature Detection," Pattern Recognition, Vol. 39, Issue 6, pp. 1034-1043, June 2006.
- [15] Manhua Liu, Xudong Jiang and Alex C. Kotb, "A Multi-Prototype Clustering Algorithm," Pattern Recognition, Vol. 42, Issue 5, pp. 689-698, May 2009.
- [16] 오승준, 박찬웅, "러프 셋 이론을 이용한 시퀀스 데이터의 클러스터링 알고리즘," 한국컴퓨터정보학회 논문지, 제 13권, 제 2호, 113-119쪽, 2008년 3월
- [17] 오승준, "범주형 시퀀스 데이터의 K-Nearest Neighbour 알고리즘," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 10권, 제 2호, 215-221쪽, 2005년 5월.

저자소개



장석우

2000년 8월: 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
2009년 3월 - 현재: 안양대학교 디지털미디어공학과 전임강사
<관심분야> 로봇비전, 증강현실, HCI, 게임, 비디오 색인 및 검색 등



김상희

2009년 2월: 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학석사)
<관심분야> 컴퓨터 비전, 형태인식, 영상처리 등



김계영

1996년 2월: 숭실대학교대학원 컴퓨터학과 (공학박사)
2001년 3월 - 현재: 숭실대학교 컴퓨터학과 부교수
<관심분야> 컴퓨터 비전, 형태인식, 생체인식, 증강현실, 신호처리 등