

모바일 디스플레이에서 TS 알고리즘을 이용한 실시간 얼굴영역 검출

이용환* · 김영섭[†] · 이상범* · 강정원* · 박진양**

[†]단국대학교 전자컴퓨터학부, *단국대학교 전기전자컴퓨터공학부
**인하공업전문대학 컴퓨터정보공학부

Real Time Face Detection with TS Algorithm in Mobile Display

Yong Hwan Lee*, Young Seop Kim[†], Sang Burm Rhee*, Jung Won Kang* and Jin Yang Park**

[†]Dept. of Electronic and Computer Eng., Dankook Univ.,

*Dept. of Electrical, Electronic and Computer Eng., Dankook Univ.,

**School of Computing and Information Systems, Inha Technical College Univ.,

ABSTRACT

This study presents a new algorithm to detect the facial feature in a color image entered from the mobile device with complex backgrounds and undefined distance between camera's location and the face. Since skin color model with Hough transformation spent approximately 90% of running time to extract the fitting ellipse for detection of the facial feature, we have changed the approach to the simple geometric vector operation, called a TS(Triangle-Square) transformation. As the experimental results, this gives benefit of reduced run time. We have similar ratio of face detection to other methods with fast speed enough to be used on real-time identification system in mobile environments.

Key words : Face Detection, TS Transformation, Mobile Environment, Skin Color Model

1. 서 론

최근 카메라가 장착된 핸드폰이나 PDA와 같은 모바일 장치에서 디지털 콘텐츠 사용율이 급격하게 증가하고 있으며, 사용자의 편의와 보안을 위한 요구사항이 증가되고 있다. 이러한 측면에서 얼굴 인증에 대한 많은 연구가 주목받고 있다. 얼굴 영역의 검출 방법은 얼굴 인증 과정에서 첫번째 단계로 진행되기 때문에, 얼굴 영역 검출 성능은 얼굴 인식 시스템 전체의 성능을 보다 좋게 만들기 위하여 가장 중요한 부분이라 할 수 있다[1].

모바일 장치에서 얼굴 인식의 경우, 카메라 폰의 위치와 조명(Illumination) 변화량의 다양성을 고려해야 한다[2]. 또한 정확성 못지 않게 실시간 처리를 위하여 얼굴 영역 검출 시간이 중요한 요구사항이다.

패턴인식으로 접근하는 하나의 이미지에서 얼굴 영

역을 검출하는 해결 방안으로 많은 방법이 연구되고 있다[1,3,4]. 기존의 많은 연구 방법은 크게 4가지로 분류할 수 있으며, 각각은 지식-기반 방법(Knowledge-based Method), 특성-변화 방법(Feature-invariant Approach), 템플릿-매칭 방법(Template-Matching Method)와 모양-기반 방법(Appearance-based Method)이다. 이에 대해 논문[3]에 잘 정리되어 있다. 그러나, 이러한 방법들은 모두 일정 부분에 대해 약점이 있으며, 대부분의 얼굴 영역 검출 알고리즘은 제한된 환경에서 단지 정면 얼굴만을 다루고 있다[1,3].

본 연구에서는 실시간 처리에서 향상된 추출속도의 성능 측면을 고려하여 향상된 얼굴색 칼라 모델과 간단한 기하학적인 벡터 연산을 사용하여 제약적인 모바일 환경에서 얻어지는 칼라 이미지에서 얼굴 영역을 검출하는 새로운 알고리즘을 제안한다. 모바일 장치에서 이미지를 서버로 전송하고, 그때 얼굴 인식 시스템에 의해서 전송된 이미지로부터 얼굴 영역을 추출한다. 이러한 연산과정을 모바일 장치에서 수행하지 않고 서

[†]E-mail : wangcho@dankook.ac.kr

바로 전송하여 수행하는 이유는 배터리 소모 등의 제한적인 연산 능력을 가지는 모바일 장치에서의 수행을 최소화하여, 시간과 장소, 모바일 기기에 구애받지 않는 장비 독립적인 수행에 효과적이다. 본 논문에서는 입력 장비로부터 서버로 전송되는 프로세스는 제외하고 전송 이후의 프로세스에 대해서만 논하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 얼굴영역 검출 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 실험 데이터를 통해 제안 알고리즘의 성능을 분석하고 4장의 결론으로 마무리한다.

2. 얼굴영역 검출

그림 1과 같이, 얼굴 영역 검출 시스템은 2단계로 구성된다. 1단계는 모바일 장치로부터 전송받은 입력 이미지에 조명에 대한 명암 보정을 통한 전처리 과정이며, 2단계는 눈영역(EyeMap), 입술영역(MouthMap)을 검출하고[4], TS(Triangle-Square) 변환을 통해 얼굴 영역을 검출하는 과정이다.

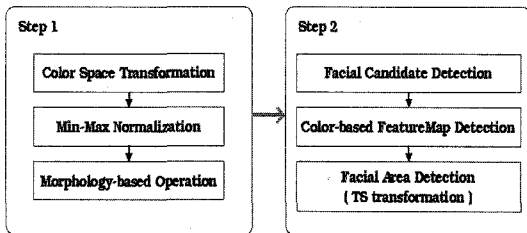


그림 1. 얼굴영역 검출 블록도

2.1. YCbCr 을 이용한 얼굴색 칼라 추출

제안 알고리즘의 첫 번째 단계로, 칼라 영역의 변환과 명암 보정 단계를 수행한다. 칼라 모델은 YCbCr 모델을 이용하여 얼굴색 칼라 기반의 접근 방법을 사용하였다[3,5].

YCbCr 칼라 모델은 디지털 비디오와 유럽의 디지털 텔레비전에서 활용되고 있다[5]. YCbCr 칼라 모델에서 휘도(Luminance)정보는 한 개의 Y 구성요소(Component)로 표현되고, 색상(Color) 정보는 두 개의 다른 칼라 구성요소 Cb와 Cr로 저장된다. 이러한 칼라 변환은 수식(1)을 활용하여 RGB 칼라 모델을 YCbCr 모델로 변환한다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.481 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.000 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

칼라 모델 변환후, 사전에 명시되지 않은 카메라와 사람 얼굴간의 불명확한 거리, 사람의 자세나 표정과 같은 또 다른 특성, 모바일 환경에서 조명 조건(Lighting condition) 등 다양하고 복잡한 이미지에서 명확하게 얼굴 특징점을 추출하기 위해서는 조명 조정과 얼굴 특징점 부각을 위한 전처리 과정(Pre-processing)을 필수적으로 수행해야 한다.

따라서 본 논문에서는 수행시간(Processing Time)에 따른 성능을 고려하여 이미지 처리 기법으로 히스토그램 평활화(Histogram equalization)와 최대-최소 정규화(Min-max normalization)를 사용하여 이러한 문제점을 해결하였다[5]. 1단계는 입력받은 이미지 전체에서 명암 값(Intensity value)을 균등하게 하고 밝기(Brightness)가 한쪽 방향으로 치우치는 이미지에서 검출율을 높이기 위해 수행된다.

2.2. 특징점 추출 및 얼굴 영역 검출

밝기(Brightness)성분에서 조명(Illumination)의 영향을 최소화시킨 후, 눈영역과 입술영역을 검출한다. 이를 이용하여 전체 이미지상에서 눈과 입술을 연결하는 삼각형 영역을 추출하고 TS (Triangle-Square) 변환을 통하여 얼굴 영역을 추출한다. 본 논문에서는 얼굴영역 추출을 위해 Hough 변환[4]을 사용한 Hsu의 접근 방법을 개선하였다. Hough 변환을 사용하는 경우 얼굴영역 검출에서 특징점에 적합한 타원형을 추출하는데, 전체 처리 시간에서 대략 90%를 소모하는 것으로 나타났다[4]. 특히 실시간 시스템에서 필수적인 실행 속도를 고려하여 기하학적 벡터 연산만을 이용하여 TS 변환을 수행하여 검출 성능을 향상시켰다.

사람 눈의 본질적인 특징은 대칭성에서 찾을 수 있다. 따라서 본 논문에서는 추출된 얼굴 색 영역 결과에서 두 눈의 존재 여부를 확인하여 제한성을 부여하였으며, 이를 통하여 검출율과 추출 속도를 향상시켰다.

CbCr 칼라 모델에서 두 눈은 적색(Red) 성분이 낮고 청색(Blue) 성분이 높은 특징을 가진다[4]. 이러한 특성을 반영하여 눈영역(EyeMap)은 식(2)로 나타낼 수 있다.

$$EyeMap = \frac{1}{3} \left((\alpha \cdot C_b)^2 + \beta \cdot (\hat{C}_r)^2 + \left(\frac{C_b}{C} \right) \right) \quad (2)$$

(Cb)², (\hat{C}_r)²와 C_b/C_r값은 [0,255] 범위에서 정규화(Normalize)되며, \hat{C}_r 는 C_r의 보수(255-C_r)이다. α는 1보다 큰 상수이며, β는 1보다 작은 양의 상수(Plus constant)이다. 일반적으로 동양인의 얼굴 색 칼라 성분은 R>G>B형태를 가지고 있으며, 이러한 특성을 반영

하여 상수를 삽입함으로써 얼굴의 특징점 추출을 보다 명확하게 하여 검출 성능을 향상시켰다.

입술영역(MouthMap)은 적색(Red) 성분이 높고 청색(Blue) 성분이 낮은 특성을 가진다[4]. 따라서 입술 영역은 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$MouthMap = 255 - (\alpha \cdot C_r - \beta \cdot C_b) \cdot (\alpha \cdot C_r)^2 \quad (3)$$

눈 영역과 입술 영역에 해당하는 포인트를 기준으로 눈-입술 삼각형(Eye-mouth triangle)을 추출하고 TS (Triangle-Square) 변환을 통하여 얼굴 영역을 추출한다. 그림 2는 얼굴 영역을 결정하는 벡터 연산에 대한 설명이다. 주어진 눈-입술 삼각형인 $T_1T_2T_3$ 에서 D_{ee} 와 D_{em} 인 두 개의 라인 성분을 얻는다. D_{ee} 는 두 눈사이의 거리이며 D_{em} 은 입술과 라인 D_{ee} 의 중간 점까지의 거리이다.

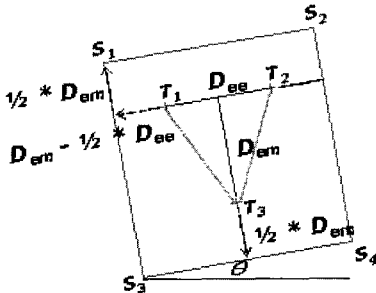


그림 2. 얼굴 영역 결정

간단한 벡터 연산과 스칼라 곱[6]을 이용하여 $S_1S_2S_3S_4$ 인 정사각형 네 점을 계산한다. 두 눈과 연결된 라인의 기울기(θ)에 따라서 회전(Rotate)될 수 있다. θ 의 각도로 정사각형 $S_1S_2S_3S_4$ 을 회전시켜서 정사각형의 얼굴 영역을 추출한다. 얼굴 영역 추출과정을 통하여 얼굴 인증(Authentication)과 검증(Verification) 과정에서 보다 좋은 성능을 유지하기 위하여 네 면의 각도가 90° 를 유지하는 정사각형을 추출하였다.

3. 실험결과

실험 환경은 펜티엄 1.8GHz CPU와 512MB 메모리를 가지는 퍼스널 컴퓨터에서 구현하였다. 운영체제는 Windows XP Professional, 칼라 영상 이미지 입력 장치로는 SK Teletch의 IM-7200과 KTFT의 X3600 모바일 카메라 폰을 사용하였으며, 프로그래밍 툴은 MATLAB 6.5에서 QCIF(320x240)의 이미지를 사용하였다.

그림 3은 실험 데이터를 통하여 제안한 알고리즘을

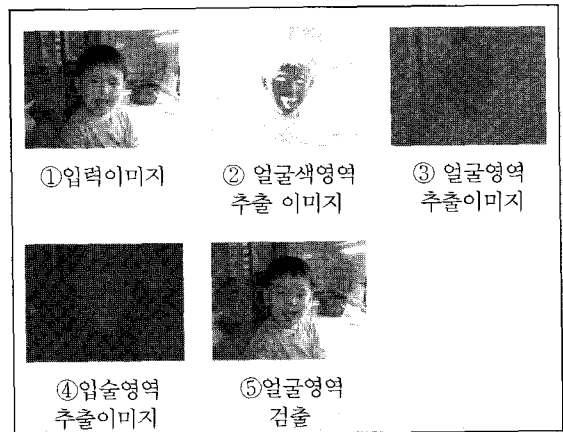


그림 3. 실험적 결과

표 1. 실험결과

		제안한 알고리즘
Total number of test images		200
Face Region	DR(%)	94%
	Average Time (sec)	1.02
Facial Feature	DR(%)	93%
	Average Time (sec)	2.38

구현한 단계를 보여준다. 실험 데이터로는 다양한 배경 색상과 조명 조건, 이미지 내 사람의 얼굴 위치, 여러 포즈(웃는 얼굴, 무표정한 얼굴 등)와 얼굴이 없는 이미지 등 다양한 얼굴 이미지상에서 제안한 알고리즘을 실험하였다.

표 1은 제안한 알고리즘에 대한 성능 평가 결과이며, 제안 시스템에서의 얼굴 영역 검출을 위해 [4]에서 실험한 방법으로 평균 실행 시간과 검출율(DR, Detection Rate)을 계산하였다.

본 실험에서는 단순한 배경, 복잡한 배경 및 실내, 실외에서 200개의 이미지를 대상으로 실험하였다. 제안한 알고리즘에 대해 펜티엄급 퍼스널 컴퓨터에서 실험한 결과 시간은 표1과 같다. 제안 시스템에서 200개의 얼굴 이미지중에서 188개 이미지의 얼굴 영역을 추출하여 검출율은 94%를 가졌다. 그중에서 추출하지 못한 12개 이미지는 너무 어둡거나 혹은 전체 이미지에서 얼굴 영역이 너무 작아서 추출하지 못하였다. 정면 혹은 10내외에서의 얼굴 이미지는 100% 가까운 검출율을 실험 결과로 얻을 수 있었다.

퍼스널 컴퓨터상에서 얼굴 영역 추출 평균 시간은 1.02초이며, 얼굴의 특징점 추출은 2.38초를 소모하였다

다. 결과적으로 다른 유사 알고리즘으로 얼굴 영역을 추출한 것과 비교하여 검출율에서 유사한 수준의 검출 결과를 보였으며, 처리 시간 측면에서 보다 빠른 결과를 얻을 수 있었다. 이는 모바일 장치에서 사용자 인증과 얼굴 인식을 위한 실시간 시스템에 적용하기에 충분히 빠른 검출 속도이다.

4. 결 론

본 논문에서 카메라가 장착된 모바일 장치의 칼라 정지 영상(Color Still Image)으로부터 얼굴 영역을 추출하기 위한 얼굴 색 칼라 기반의 새로운 얼굴 검출 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘은 모폴로지(Morphology) 연산과 간단한 기하학적인 수학(Geometry Mathematic) 계산을 통하여 모바일 환경에서 발생할 수 있는 복잡한 배경 색상과 카메라와의 거리 문제 등 다양한 조건에서 얼굴 영역에 대한 높은 검출율과 빠른 검출 시간을 보장할 수 있다. 이를 기반으로 한 응용분야로는 정확성이 요구되는 온라인 금융에서의 인증 시스템, 빠른 검색 속도가 요구되는 감시 시스템, 모바일 디스플레이상에서의 사용자 검출 또는 모바일 멀티미디어 처리와 같은 실시간 처리가 요구되는 다양한 어플리케이션에서 기존의 다른 알고리즘보다 적합하다.

본 연구의 향후 과제로 Chiang[1]과 Hsu[4]에서 제안한 다른 알고리즘과의 동일한 실험 데이터 집합

(Dataset)인 HHI Face Database와 Champion Database[4]를 기반으로 성능 평가가 필요할 것이다. 이를 통하여 모바일 환경에서 실시간 처리가 가능하도록 제안 알고리즘의 지속적인 성능 향상 및 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. Chiang, C.C., Tai, W.K., Yang, M.T., Huang, Y.T., and Huang, C.J., "A Novel Method for Detecting Lips, Eyes and Faces in Real Time", *Real-Time Imaging* 9, pp.277-287, 2003.
2. Masip, D. and Vitria, J., "Real Time Face Detection and Verification for Uncontrolled Environments", 2nd COST 275 Workshop-Biometrics on the Internet Vigo, 25-26, Mar., 2004.
3. Yang, M.H., Kriegman, D.J. and Ahuja, N., "Detecting Faces in Images: A Survey", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.24, no.1, Jan., 2002.
4. Hue, R.L., Abdel-Mottaleb, M. and Jain, A.K., "Face Detection in Color Images", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(5), pp.696-706, May, 2002.
5. Gonzalez, R.C., Woods, R.E. and Eddins, S.L., "Digital Image Processing using MATLAB", Prentice Hall, 2004.
6. Gilbert Strang, "Introduction to Linear Algebra 3rd Edition", Wellesley-Cambridge Press, 2003.