

피부색 정보를 이용한 얼굴 기울기 보정

박은경⁰, 이상훈, 차의영
부산대학교 전자계산학과

{vincent⁰, hoony94, eycha}@harmony.cs.pusan.ac.kr

The Derotation of the Tilted Face Using Skin Color Information

Eun-kyoung Park⁰, Sang-hoon Lee, Eui-young Cha
Dept. of Computer Science, Pusan National University

요 약

본 논문에서는 얼굴인식에 영향을 미치는 여러 요인들(조명, 피부색, tilt(상하각도), pose(좌우각도), 나이, 표정 등) 중 기울어진 얼굴을 보정하는 방법에 대해 제안한다. 타원형 피부색 모형에 따라 피부색 영역을 추출하고 추출된 피부색 영역 경계선의 일부를 이용하여 타원을 검출한 다음, 검출된 타원의 기울기를 이용하여 보정된 얼굴을 얻는다. 실험결과를 통해 제안하는 방법이 다양한 환경과 얼굴 각도에서 좋은 결과를 보임을 알 수 있다.

1. 서 론

최근 여러 분야에서 보안의 필요성이 증대됨에 따라 사람의 신체적, 행태학적 특징을 개인식별에 이용하는 생체 인식 기술이 보안의 새로운 대안책으로 떠오르고 있다.

특히 생체 인식 기술 중 사람의 얼굴을 인식 대상으로 하는 얼굴인식의 경우, 별다른 장치를 필요치 않고 사용자가 이용하기 편리하다는 경쟁력을 가져 오랫동안 연구대상이 되어왔다. 하지만, 얼굴 인식은 다른 생체 인식 기술 분야와는 달리 성능이 조명, 피부색, tilt(상하각도), pose(좌우각도), 나이, 표정 등의 다양한 원인에 민감하게 영향을 받아[1] 정확한 인식률을 보장하기 위해서는 이러한 난제들이 먼저 해결되어야만 한다.

본 논문에서는 정확한 얼굴인식을 위해 우선적으로 해결 되어져야 할 여러 문제 중, 다양한 각도로 기울어진 얼굴(tilted face)에 대해서도 정확한 얼굴인식이 가능하도록 효율적으로 얼굴의 기운 각도를 보정하는 방법에 대해 제안하고자 한다.

얼굴의 기운 각도를 보정하는 방법은 크게 얼굴 내 피부 영역 검출, 피부 영역 경계선 위의 점 추출, 추출된 점을 기반으로 한 타원 검출, 검출된 타원 기울기를 통한 얼굴 기울기 보정의 네 단계로 구성된다.

2. 제안하는 얼굴 기울기 보정 알고리즘

- (1) 수집된 피부색 데이터를 이용한 타원형 피부색 모형 생성
- (2) 타원형 피부색 모형을 이용하여 입력 영상에서 피부 영역 검출
- (3) 라벨링을 이용한 얼굴 후보 영역 생성 및 noise 제거

- (4) Laplacian 연산을 이용한 피부 영역 경계선 검출
- (5) 피부 영역 경계선에서 추출된 점을 이용한 타원 검출
- (6) 검출된 타원의 기울기를 이용한 얼굴 기울기 보정

2.1 피부색 정보를 이용한 얼굴 영역 검출

인종에 따른 피부색과 조명에 민감하지 않는 피부색 모형을 얻기 위해 다양한 인종과 다양한 시간대(빛의 노출)로부터 얻어진 사람의 피부색 영역 데이터를 low-pass filter를 거쳐 noise를 제거한 후, 각각의 24 RGB color 데이터를 조명의 영향을 덜 받는 YCbCr color 모형으로 변형한다.

피부색 영역 데이터로부터 얻어진 YCbCr 모형은 [그림 1]과 같다. 이러한 피부색 영역은 [그림 2]와 같이 가우시안 분포로 나타내어질 수 있으며 이 때, YCbCr 3차원 color 모형을 CbCr의 2차원의 공간으로 변형하면 식(1), (2)과 같은 타원방정식을 얻을 수 있다. 구한 타원방정식을 이용해 얼굴 검출을 위한 입력 데이터에서 피부색 영역에 해당하는 영역을 검출한다.

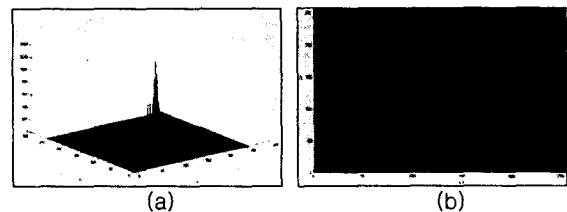


그림 1. 수집된 피부 영역 데이터로부터 얻어진 YCbCr 컬러 공간. (a) 3차원 그래프, (b) 2차원 그래프(가로축:Cb 성분, 세로축:Cr 성분)

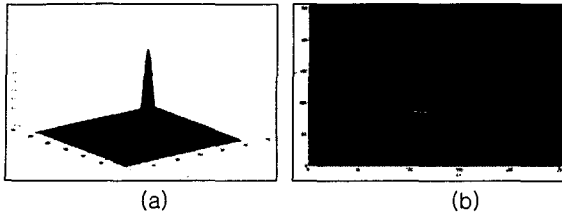


그림 2. YCbCr 컬러 공간 상의 피부 영역을 $N(m,C)$ 인 가우시안 분포로 나타낸 그래프. (a) 3차원 그래프 (b) 타원형 피부색 모형을 겹쳐 그린 2차원 그래프(가로축:Cb성분, 세로축:Cr성분)

$$\frac{(x-Cbx)^2}{a^2} + \frac{(y-Cry)^2}{b^2} = 1 \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Cb \\ Cr \end{bmatrix} \quad (2)$$

- (Cbx, Cry) : 피부색 영역 타원의 중심값, (137.69, 122.5)
- θ : 피부색 영역 타원의 기울기, $\theta = -\pi/6$ (in radian)
- a, b : 타원의 장축/2, 타원의 단축/2, $a = 34.7, b = 12.5$

타원형 피부색 모형에 의해 구해진 피부색 영역을 Labeling하여 얼굴 후보 영역을 구한 다음, 얼굴과 인접한 영역에 존재할 수 있는 noise를 제거하기 위해 후보 영역의 왼쪽에서 중심쪽으로, 오른쪽에서 중심쪽으로 (얼 방향 픽셀수>후보 사각형 세로길이*0.4)인 위치를 찾아 내어 그 값으로 후보 영역 사각형의 가로 영역을 재조정한다. 얼굴 후보 영역 중 식(3), (4)에 만족하지 않는 영역은 제거하여 최종 얼굴 후보 영역을 구한다.

$$(Rx/Ry) < 1.0, \quad (3)$$

$$(Rx \times Ry) \times 0.35 < Size, \quad (4)$$

(Rx, Ry:후보 사각형 영역의 가로,세로길이, Size:후보 사각형 영역 내의 픽셀 수)



그림 3. (a) 원 영상, (b) 피부색 영역(안쪽 사각형:최종 얼굴 후보 영역, 바깥쪽 사각형:Labeling에 의해 구해진 후보 영역)

2.2 타원 검출에 의한 얼굴 기울기 보정

기울기가 보정된 얼굴 영역은 기운 각도만큼 얼굴 영역을 회전 이동함으로써 구할 수 있다. 얼굴의 기준 각도는 사람의 얼굴형이 타원이라는 정보를 이용해 얼굴의 경계선 영역에 fitting되는 타원을 찾아 그 기울기를 측정함으로써 얻을 수 있다.

2.2.1 얼굴 영역 내의 경계선 구하기

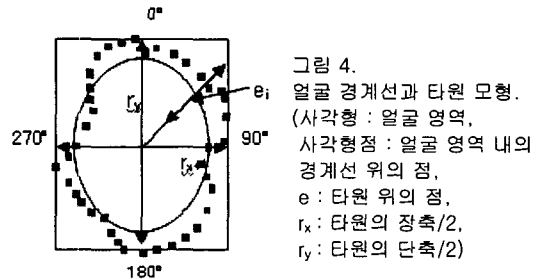
얼굴의 경계선은 [그림 3]의 (b)와 같은 얼굴 피부 영역에 비교적 연산 속도가 빠르고 국지적으로 최대인 점만을 윤곽선으로 인정하는 Laplacian 연산을 적용하여 검출해 낸다.

얼굴 피부 영역 내에서 경계선을 추출할 경우 눈과 같은 hole에 의해 얼굴 영역 내에 불필요한 경계선이 생길 수 있으므로 Laplacian 연산 후 Labeling을 통해 제일 큰 영역의 경계선 외의 것은 제거한다.

2.2.2 경계선 위의 점 찾기

추출된 경계선 위의 모든 점을 타원 검출에 이용할 경우, 계산 시간이 오래 걸리고 또한 얼굴 외곽선 위의 점이 아닐 경우(noise)에도 타원 검출에 이용되어 정확한 타원 검출에 영향을 줄 수 있다. 따라서 다음에 제안하는 방법을 통해, 얼굴 외곽 영역 위에 있을 것으로 추정되는 경계선의 일부만을 타원 검출에 이용한다.

- (1) 얼굴 후보 영역 사각형과 중심이 같고 장축이 사각형 가로 길이의 75%, 단축이 사각형 세로 길이의 75%인 임의의 타원을 생성한다.
- (2) 타원을 일정각 간격으로 (3)~(5)를 수행하여 얼굴 피부 경계선 위의 일부의 점을 추출한다.
- (3) 타원 위의 임의의 점(e_i)에서 [그림 4]와 같이 타원의 중심을 향해 일정거리까지 1씩 증가해가며 피부 영역 경계선과 만나는 위치를 찾아낸다. 일정거리 내에서 경계선과 만나면 그 위치를 저장한다.
- (4) (3)과 같이 타원의 바깥쪽을 향해 일정거리까지 1씩 증가해가며 피부 영역 경계선과 만나는 위치를 찾아낸다.
- (5) (3)과 (4)에서 얻어진 두 점 중 타원 위의 점과 가까운 점의 위치를 최종적으로 저장한다.



본 시스템에서는 각을 10°씩 등분하여 36개의 피부 경계선 위의 점을 추출하여 타원검출에 이용하였다.

2.2.3 타원 검출

영상에 나타나는 사람의 피부색은 빛에 민감하게 반응하기 때문에 다양한 인종과 시간대에서 얻어진 데이터로부터 구성된 피부 영역 정보일지라도 완벽하게 얼굴의 모든 영역을 추출해 낼 수 없다. 따라서 추출된 피부 영역만으로 경계선을 추출할 경우, 일부의 얼굴 영역 정보가 사라져 얼굴의 형태가 찌그러지게 나타날 수 있다. 그러므로 피부 영역의 경계선 위의 점들로부터 타원을 검출하여 타원의 기울기를 얻기 위해서는 타원의 일부가 사라지더라도 본래의 타원 형태를 찾아낼 수 있는 타원 검출 방법을 쓸 필요가 있다.

본 시스템에서는 타원의 일부의 정보가 사라지더라도 원 타원이 검출 가능한 Direct Least Square Ellipse Fitting [4][5][6]방법을 이용하여 타원을 검출하였다.

[그림 5]의 (a)는 얼굴의 피부 영역 경계선 위의 점을 이용하여 검출된 타원과 피부 영역을 나타낸 그림이고, (b)는 검출된 타원으로부터 구한 타원의 기울기 θ 를 식(5), (6)에 적용하여 얻은 기울기가 보정된 256 gray 영상이다.

$$x' = \{\cos \theta \times (x - Cx) + \sin \theta \times (y - Cy)\} + Cx \quad (5)$$

$$y' = \{-\sin \theta \times (x - Cx) + \cos \theta \times (y - Cy)\} + Cy \quad (6)$$

● (Cx,Cy) : 얼굴 후보 영역 사각형의 중심

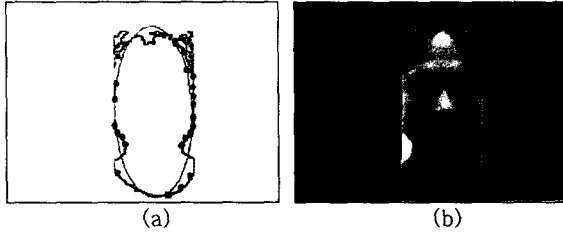


그림 5. (a) 추출된 타원, (b) 기울기가 보정된 얼굴 영역

3. 실험 결과

본 시스템은 Intel Pentium 4 1.7GHz, 512MB RAM PC의 Window XP 환경에서 Visual C++ 7.0을 사용하여 개발되었다.

본 실험은 복잡한 환경에서 다양한 시간에 얻어진, 다양한 각도(-90°~90°)를 가지는 얼굴 영상을 입력 데이터로 사용하였으며 Color CCD camera로부터 입력된 320x240 해상도의 영상에서 얼굴 영역을 추출하여, 기울기가 보정된 얼굴 영역 영상을 얻는데 걸린 평균 시간은 약 0.16초이다.



그림 6. 결과 영상

4. 결론

본 논문은 다양한 조건에서 정확한 얼굴인식이 가능하기 위해 해결되어야 할 여러 가지 요건들 중 기울어진 얼굴을 보정하는 방법에 대해 제안하였다. [그림 6]의 그림과 같이 복잡한 배경에서 다양한 각도의 얼굴 기울기를 가지는 얼굴 데이터에 있어, 실험자의 얼굴색이나 안경착용 유무 등에 관계없이 좋은 결과를 보임을 알 수 있다.

얼굴인식을 위해서는 눈 검출이 필수적인데 [그림 7]과 같이 얼굴 기울기가 보정된 이진 영상(조명 보상 평면을 적용한 이진영상[7])의 경우, 단순한 히스토그램 등을 통해 눈과 입의 위치를 쉽게 찾아낼 수 있다. 그림 7. 이진영상



참고문헌

- [1] M. Bone and D. Blackburn, "Face recognition at a chokepoint: scenario evaluation results," Evaluation Report Department of Defense, November 2002.
- [2] RL Hsu, MA Mottaleb, and AK Jain. "Face detection in color images," IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 24, no. 5, 2002. 5.
- [3] Srisuk S and Kurutach W., "New Robust Hausdorff Distance-Based Face Detection," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2001), 7-10, 2001. 7.
- [4] M. Pilu, A. Fitzgibbon, R.Fisher. " Ellipse-specific Direct least-square Fitting," IEEE International Conference on Image Processing, Lausanne, Vol. 3 , 16-19, 1996. 9.
- [5] A. Fitzgibbon, M. Pilu , R.Fisher, " Direct least-square fitting of Ellipses," International Conference on Pattern Recognition, Vienna, 1996. 8.
- [6] A. Fitzgibbon, M. Pilu , R.Fisher, " Direct Least Square Fitting of Ellipses," IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 21, no. 5, 1999. 5.
- [7] 김도현, 강동구, 차의영, "상관도에 의한 실시간 안면 추출과 조명 평면을 이용한 영상 개선," 한국정보과학회, 가을학술발표논문집, 제 29권, 제 2호, pp.508-510, 2002. 10.