

복잡한 배경의 칼라영상에서 Face and Facial Features 검출

김 영 구, 노 진 우, 고 한 석
고려대학교 전자공학과,

Detection of Face and Facial Features in Complex Background from Color Images

Young-Gu Kim, Jin-Woo Noh, Han-Seok Ko
Dept. of Electronics Engineering, Korea University
E-mail : ygkim@ispl.korea.ac.kr

Abstract

Human face detection has many applications such as face recognition, face or facial feature tracking, pose estimation, and expression recognition. We present a new method for automatically segmentation and face detection in color images. Skin color alone is usually not sufficient to detect face, so we combine the color segmentation and shape analysis. The algorithm consists of two stages. First, skin color regions are segmented based on the chrominance component of the input image. Then regions with elliptical shape are selected as face hypotheses. They are certificated to searching for the facial features in their interior. Experimental results demonstrate successful detection over a wide variety of facial variations in scale, rotation, pose,

lighting conditions.

1. Introduction

칼라영상에서 얼굴검출은 얼굴인식, 얼굴 또는 얼굴특징 추적, HCI, 표정인식을 위한 가장 중요하고 제일 먼저 해야 될 단계로서 많은 연구가 진행 되어 오고 있다. 몇 가지 방법을 살펴보면 Feature-based method[1], Multiple Features 방법[2] 등의 방법이 있으며, 사람의 살색은 얼굴검출의 중요한 하나의 단서가 되나 칼라정보만으로는 조명의 변화와 복잡한 배경을 가진 영상에서 얼굴검출은 어렵기 때문에 최근에는 모양과 칼라정보, 움직임정보 등의 여러 방법을 조합하는 방법이 일반적이다.[3]

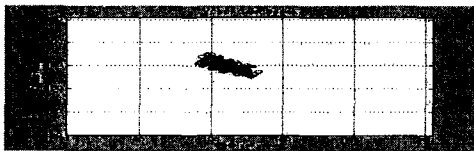
이 논문에서는 Feature-Based Methods가 갖는 문제점인 조명이나, 잡음, 겹침 등의 이유로 얼굴특징이 심하게 손상된 경우 특징을 찾기 어렵다는 단점을 보완하기위해 기하학적인 방법을 조합하여 복잡한 배경이있는 영상에서 조명의

변화 및 회전, 크기의 변화에 강인한 얼굴 검출에 관한 하이브리드 방법을 제안하고 있다. 2절에서 얼굴 검출 알고리즘을 설명하고 3절에서 얼굴을 포함하고 있는 칼라영상을 가지고 실험한 결과를 제시하고, 4절에서 결론을 내리고 있다

2. Face Detection Algorithm

2.1 Color Segmentation

알고리즘의 첫번째 단계는 칼라영상에서 살색만을 분할하는 것이다. 칼라 모델에는 RGB, HSV, YCbCr, YIQ 등 여러가지 모델이 있으나 우리는 사람의 시각 시스템을 가장 잘 반영하고 비디오 압축 표준으로 사용(MPEG, JPEG)[4][5]되고 있는 Y, Cb, Cr 칼라 모델을 사용하였다.



(a)



(b)

그림1. 다른인종, 조명조건에서의 피부색 분포 YCbCr칼라모델(a), HSV칼라모델(b)

그림1.은 YCbCr칼라 모델이 HSV모델에 비해 피부색이 좀더 밀집한 분포를 보임을 알 수 있다. 비록 피부색이 다른 인종일지라도 피부색이 다르게 보이는 주요한 차이는 칼라 자체의 차이이기 보다는 명암도가 주 원인이라는 몇몇 연구 결과가 보여주고 있다.[6] 피부색 모델을 정립하

기 위하여 인터넷과 다른 연구실의 사람얼굴이 포함되어 있는 칼라영상 중 다양한 인종과 다른 조명조건을 가진 살색영역 300개 샘플을 취하여 히스토그램분석결과 Cb,Cr 분포가 가우시안분포와 비슷함을 알 수 있다. 그러므로 색차성분은 가우시안 모델 $N(\mu, \Sigma^2)$ 로 나타낼 수 있다.

$$\bar{C}_b = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N C_{b_k} \quad (1)$$

$$\bar{C}_r = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N C_{r_k} \quad (2)$$

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{CbCb} & \sigma_{CbCr} \\ \sigma_{CrCb} & \sigma_{CrCr} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\mu = (\bar{C}_b, \bar{C}_r) \quad (4)$$

$$P(Cb, Cr) = \exp \left[-\frac{1}{2} (\mathbf{z} - \mu)^T \Sigma^{-1} (\mathbf{z} - \mu) \right] \quad (5)$$

여기서 \mathbf{z} 는 Cb,Cr영상의 픽셀값이다. 최근의 다른 연구 논문 및 보고서에 의하면 [7][8] CIE LUV 칼라모델과 RGB 칼라모델에서도 위와 비슷한 결과를 보임을 알 수 있다. 각각의 픽셀값에 대하여 상응하는 확률값을 계산하고 실험을 통하여 얻은 임계값을 기준으로 이진화영상으로

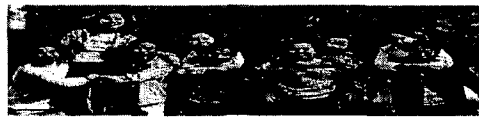


그림2.칼라영상(상)과 피부색 분할 영상(하) 표현한다

$$X(Cb(i, j), Cr(i, j)) = \begin{cases} 1 & P \geq \text{Threshold} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

그림2.는 칼라영상에서 피부색만을 분할한 것을 보여 주고 있다.

2.2 Face shape detection

사람의 얼굴은 대략적인 타원형태라는 정보를 바탕으로 Hough Transform, Moment of inertia [5][6] 등의 알고리즘을 적용하였으나 Hough Transform은 계산이 복잡하고 동일한 조건하에서도 계산할 때 마다 다른 해(타원이 달라짐)를 갖는 단점을 가지고 있기 때문에 2차원 위치정보들이 주어졌을 때 algebraic distance를 최소화하는 방법으로 타원의 파라미터를 구하는 Direct Least Squares Fitting 알고리즘[6]을 적용하였다. 분할된 이진영상에 Opening, Component Labeling 등의 영상처리를 한 후, 너무 작은 분할 영상(12x12이하의 픽셀)은 제거하고 분할영상의 에지를 이루는 점들을 데이터 포인트로하여 각각의 분할영상의 에지에 가장 적합한 타원을 구한다. 타원을 나타내는 일반 식은 아래와 같이 표현 할 수 있다.

$$F(a,x)=a \cdot x=ax^2+bx+cy^2+dx+ey+f=0,$$

where

$$a=[abcdef]^T, x=[x^2 xy^2 xy^1]^T \quad (7)$$

일반적으로 타원이 되기위한 조건식으로 $b^2 - 4ac < 0$ 한다는 것은 잘 알고 있다. 그러나 이 조건으로 문제를 푸는 것이 어렵기 때문에 우리는 $4ac - b^2 = 1$ 조건을 만족하는 2차 방정식 문제로 제한하였다.[8] 즉 $4ac - b^2 = 1$ 을 만족하면서 E 를 최소화하는 파라미터 a 를 찾는 것이다.

$$\text{Minimize } E = \|Da\|^2,$$

$$\text{subject to the constraint } a^T Ca = 1 \quad (8)$$

여기서 D 는 $n \times 6$ "design matrix" $[x_1 x_2 \dots x_n]^T$, C 는 $4ac - b^2 = 1$ 의 조건을 매트릭스로 표현한 것이다. 라그랑제 멀티플라이어 λ 를 도입하면 다음과 같이 표현할 수 있고

$$E_{\min} = \|Da\|^2 - \lambda a^T Ca \quad (9)$$

미분을 하면 (10)식을 얻을 수 있고,

$$2D^T Da - 2\lambda Ca = 0 \quad (10)$$

(10)식은 다시

$$\begin{aligned} Sa &= \lambda Ca \\ a^T Ca &= 1 \end{aligned} \quad (11)$$

where $S = D^T D$, scatter matrix

로 표현할 수 있으며 (11)식에서 $\lambda_i > 0$ 만족하는 Eigenvalue를 구하면 Eigenvector를 구할 수 있다. 또한 a 를 구할 수 있다. 각각의 분할된 영상에 적당한 타원을 구했다면 얼굴이라고 가정된 타원들이 얼굴인지 아닌지를 확인하기 위해 타원내에 얼굴특징인 눈과 입이 있는지 여부를 확인하는 단계로 넘어간다.

2.3 Facial Features Detection

얼굴 특징중 눈은 휘도 성분인 Y와 색차 성분인 Cb, Cr 을 이용하여 눈은 휘도 성분중 Cb 에서 픽셀값이 높고 Cr 에서 낮은 픽셀값을 갖으며[5] 휘도 성분인 Y에서 낮은 픽셀값을 갖는다는 것을 이용하여 눈을 검출한다. 픽셀 값을 [0 255] 노멀라이즈 한 다음 Cb 성분을 제외한 값과 $255 - Cr$ 값을 제외한 값, $255 - Y$ 를 제외한 값을 더한 후 평균을 취하여 픽셀값의 분포를 이용하여 픽셀값의 분포가 높은 값을 갖는 곳에서 눈을 찾을 수 있다. 입은 red성분을 상대적으로 많이 포함하고 있다는 것을 이용하여 Cr 성분을 제외한 값과 Cr/Cb 성분의 차를 제외한 후 Cr 제 값을 곱함으로써 상대적으로 입에서 높은 픽셀값 분포를 갖는 것을 이용하여 입을 검출한다. 눈과 입을 포함하고 있는 분할된 영역만을 얼굴이라고 판명한다.

3. Experiment Results

위 알고리즘을 이용하여 실험한 결과 복잡한 배경을 가진 칼라 영상을 입력으로 받아 실험한 결과 다양한 피부색을 가진 얼굴을 회전, 크기에 무관하게 검출함을 알 수 있다.(그림3)

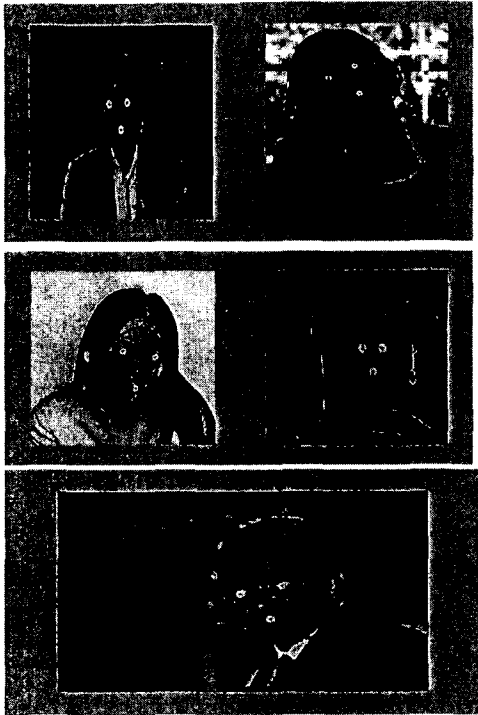


그림3. 얼굴 검출 결과

4. Conclusion

이 논문에서 우리는 얼굴 검출의 새로운 방법을 제시하였는데 가우시안 분포를 이용하여 칼라 영상에서 자동으로 피부색만을 분할 하고 얼굴모양이 타원이라는 기하적인 방법을 접목하여 Direct Least Squares Fitting 방법을 이용하여 타원을 찾은 후 얼굴특징을 찾아 확인하는 방법을 제시하였다. 실험결과는 제안된 방법이 칼라 영상에서 크기와 방향, 다른 인종에 무관하게 얼굴을 검출함을 잘 보여 주고 있다.

참고문헌(Reference)

- [1] D. Chai and K.N.Ngan, "Locating Facial Region of a Head-and-Shoulders Color Image," Proc. Third Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp.124-129, 1988.
- [2] J.Sobotkka and I. Pitas, "Segmentation and tracking of faces in color images," in Proc. Of the Second International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition , pp.236-241, 1996
- [3] M.H. Yang, D. J.Kriegman, N.Ahuja, "Detecting Faces in Images: A Survey," IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.24, 2002.
- [4] Y.Mitsukura, M. Fukurni, N. Akarnatsu, "Fast face detection system using the ga-based threshold method," IEEE Intelligent Information Systems Conference, 2001
- [5] Rein-Lien Hsu; Abdel-Mottaleb, M.; Jain, A.K., " Face detection in color images," IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.24, pp.696-706, 2002.
- [6] M.H. Yang, N.Ahuja, "Detecting Human Faces in Color Images," IEEE Image processing, vol.1, pp.127-130, 1998.
- [7] J.Yang, A.Waibel, "Skin-color modeling and adaptation," Technical Report CMU-CS-97-146, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 1997.
- [8] A.Fitzgibbon, M.Pilu, R.B. Fisher, "Direct Least Squares Fitting of Ellipses," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.21, pp.478-480, 1999.