

얼굴 특징점들을 이용한 근사 정면 얼굴 영상 검출

김수진 · 정용석 · 오정수

부경대학교

Approximate Front Face Image Detection Using Facial Feature Points

Su-jin Kim · Yong-seok Jeong · Jeong-su Oh

Pukyong National University

E-mail : quddkfl0320@hanmail.net, ojs@pknu.ac.kr

요 약

얼굴은 사람을 확인할 수 있는 고유한 성질을 갖고 있어 얼굴 인식이 출입통제, 범죄자 검색, 방법용 CCTV 같은 보안 영역과 본인 인증 영역에 활발히 활용되고 있다. 정면 얼굴 영상은 가장 많은 얼굴 정보를 갖고 있어 얼굴 인식을 위해 가능한 정면 얼굴 영상을 취득하는 것이 필요하다. 본 연구에서 하르유사 특징을 이용한 Adaboost 알고리즘을 이용해 얼굴 영역이 검출되고 mean-shift 알고리즘을 이용해 얼굴을 추적한다. 그리고 얼굴 영역에서 눈과 입 같은 얼굴 요소들의 특징점들을 추출해 그들의 기하학적인 정보를 이용해 두 눈의 비와 얼굴의 회전 정도를 계산하고 실시간으로 근사 정면 얼굴 영상을 제시한다.

ABSTRACT

Since the face has a unique property to identify human, the face recognition is actively used in a security area and an authentication area such as access control, criminal search, and CCTV. The frontal face image has the most face information. Therefore, it is necessary to acquire the front face image as much as possible for face recognition. In this study, the face region is detected using the Adaboost algorithm using Haar-like feature and tracks it using the mean-shifting algorithm. Then, the feature points of the facial elements such as the eyes and the mouth are extracted from the face region, and the ratio of the two eyes and degree of rotation of the face is calculated using their geographical information, and the approximate front face image is presented in real time.

키워드

얼굴 검출, Haar-like features, 특징점 추출, 정면 근사 얼굴, Mean-Shift

I. 서 론

최근 카메라를 이용한 컴퓨터비전 기술의 발달로 얼굴인식을 이용한 시스템을 쉽게 발견할 수 있게 되었다. 얼굴은 사람을 확인할 수 있는 고유한 성질을 갖고 있어 얼굴 인식은 출입통제, 범죄자 검색, 방법용 CCTV 같은 보안 영역과 본인 인증 영역에 활발히 활용되고 있다. 또한 얼굴방향성 인식 기술이 실생활에서도 활용되는 추세이다. 스마트폰의 경우 전면부의 내장 카메라를 이용하여 사용자의 얼굴 방향이 정면을 향하지 않을 경우 절전 모드 혹은 앱 컨트롤이 가능하다. 여기서 사용하는 방향성 인식기술은 대부분 얼굴과 눈, 코 그리고 입을 특징점으로 이용하여 얼굴의 방향성을 추정하는 방식을 사용하고 있다. 따라서 얼굴 인식을 위해 가장 많은 얼굴 정보를 가지는 정면 얼굴 영상을 취득하

는 것이 필요하다.

본 논문에서는 카메라를 통해 영상을 입력 받은 후 하르유사 특징 기반의 Adaboost 얼굴 검출기를 이용해 얼굴 영역이 검출된다. 검출된 얼굴 영역을 이용하여 목 영역을 추정하고, Adaboost 눈, 입 검출기를 이용해 눈, 입 영역의 좌표를 검출한다. 취득된 얼굴 요소들의 특징점들 그들의 기하학적인 정보를 이용해 얼굴의 회전 정도를 계산한다. 또한 얼굴영역이 검출됨과 동시에 Mean-Shift 알고리즘을 이용하여 추적되어 실시간으로 근사 정면 얼굴 영상을 제시하는 구조로 되어있다.

II. 얼굴 영역의 결정

얼굴 영상에서 눈, 입 등의 특징을 추출하기 전

에 영상 내에서 얼굴의 위치를 대략적으로 파악할 수 있다면 특징 추출은 훨씬 수월하며 배경에 대한 영향을 최소화할 수 있으므로 정확도도 높아진다. 본 논문에서 얼굴 검출은 하르유사 특징을 기반으로 한 Adaboost 알고리즘을 사용하였으며, Mean-Shift 알고리즘을 이용해 실시간으로 얼굴을 추적한다.

2.1 Adaboost 분류기

AdaBoost는 적응적 부스팅(Adaptive Boosting)을 말하며 약 분류기들을 조합하여 강 분류기로 boosting하는 방법과 검출 시 빠른 연산을 위한 계층적 검사(Cascade Method)방식을 적용한 알고리즘이다. 분류 규칙을 순차적으로 생성하고, 매 회 학습시 이전의 관측값으로 오분류 데이터에는 높은 가중치를 부여하고 반대로 정분류된 데이터에는 낮은 가중치를 부여하는 방식으로 샘플 데이터의 분포를 재조정한다. 이러한 과정은 분류하기 힘든 데이터에 우선권을 준다.

일반적으로 AdaBoost 알고리즘을 사용하여 얼굴 검출은 그림 1의 하르유사 특징을 기반으로 사용한다. 하르유사 특징은 Viola와 Jones가 얼굴 검출에 적용한 것으로 부분 영상 합을 이용하여 특징값을 표현한다. 대표적으로 그림 1과 같은 모양을 가지며, 위치, 모양 크기에 따라서 수많은 형태를 나타낼 수 있으므로 생성된 특징값은 얼굴의 특징을 잘 포용하는 장점이 있다. 또한 계산 방식이 단순한 합으로 이루어져 있기 때문에 연산 속도가 빠르므로 실시간 처리가 가능하다.

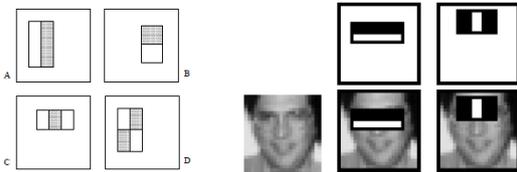


그림 1. 하르유사 특징

2.2 Mean-Shift

Mean-Shift 알고리즘은 그림 2처럼 데이터 분포에서 Peak 혹은 무게 중심을 찾거나 클러스터링(Clustering)하는 방법으로, 현재 자신의 주변에서 가장 데이터가 밀집된 방향으로 이동하는 방법이다. 영상 처리 기술 분야에서는 영상 추적 알고리즘에 활용되며, 추적하고자 하는 대상 물체에 대한 색상 히스토그램과 현재 입력 영상의 히스토그램을 비교하는 방법을 주로 사용한다.

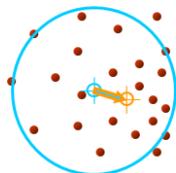


그림 2. Mean-Shift 알고리즘

사람의 피부색은 조명 조건이 달라지더라도 색도 공간상에서 일정한 분포를 나타내기 때문에 본 논문에서는 2.1절에서 검출한 얼굴 영역의 색상 정보를 사용한다. 여기서 색상 정보는 HSV 색공간의 H(Hue)영역만 사용하며 히스토그램 역투영을 수행한다. 이는 관심영역에 더 큰 가중치를 주는 Extended Mean-Shift를 사용하기 위함이며, 단순 데이터 밀도에 따라 탐색하는 Original Mean-Shift에 비해 추적이 용이하며 정확도가 향상될 수 있다. Extended Mean-Shift는 식(1)을 통해 무게중심을 찾아간다. w_i 는 가중치이다.

$$y_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i g\left(\left\|\frac{y_0 - x_i}{h}\right\|\right)}{\sum_{i=1}^n w_i g\left(\left\|\frac{y_0 - x_i}{h}\right\|\right)} \quad (1)$$

III. 근사 정면 얼굴 영상 검출 알고리즘

본 장에서는 근사 정면 얼굴 영역을 추정하기 위해 2장에서 검출된 얼굴 영역 내의 특징점들을 추정하는 방법에 대해 다룬다.

그림 3의 Left_E는 왼쪽 눈 영역의 중심점을, Right_E는 오른쪽 눈 영역의 중심점을 의미한다. 그리고 Lip_Center는 입 영역의 중심점을, Neck_Center는 목 영역의 중심점을 의미하며 d는 얼굴 영역의 세로 길이를 의미한다. 눈과 입은 Adaboost 눈, 입 검출기를 통해 검출된다.

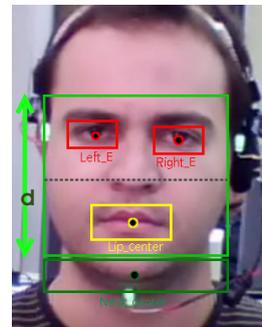


그림 3. 얼굴 회전 정도 추정에 사용되는 특징점

3.1 목 영역 검출

목은 척추동물의 머리와 몸통을 연결하는 부위이다. 모든 사람들은 얼굴 바로 아래에 목이 존재하며, 얼굴이 위, 아래, 오른쪽, 왼쪽 등을 향하도록 돌릴 수 있는 부위이다. 따라서 목은 얼굴이 회전하더라도 변하지 않는 기준으로 사용할 수 있다. 본 실험에서의 목 영역은 검출된 얼굴 크기의 20%의 크기로 생성하며, 얼굴 영역의 바로 아래에 있도록 한다. 목의 색은 얼굴의 색과 거의 동일하므로 그림 4의 히스토그램 역투영 영상에서 설정한 목영역의 값을 가져오면, 그림 5와 같이 목과 배경의 영역이 구분된 것을 확인할 수 있

다. 배경영역의 값을 제외한 나머지 값을 count한 평균값으로 Neck_center의 좌표를 구한다.

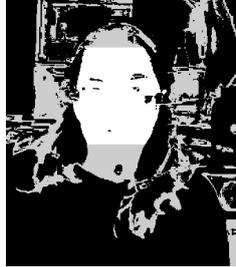


그림 4. 히스토그램 역투영 영상



그림 5. 검출된 목 영역

3.2 기울어진 얼굴 보정

알고리즘의 신뢰성을 높이기 위해 기울어진 얼굴을 보정하는 과정을 수행한다. 기울기를 보정하기 위해 다른 논문에서도 많이 쓰이는 양쪽 눈의 중심점 좌표들의 기울기를 이용하여 구한다. 양쪽 눈의 중심점 좌표를 그림 6과 같이 표현하면, 얼굴의 기울어진 정도 θ 는 식(2)과 같이 구해진다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{\text{Delta.y}}{\text{Delta.x}}\right) \quad (2)$$

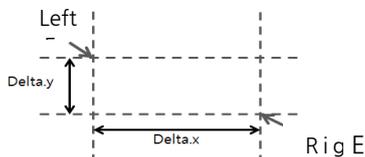


그림 6. 기울어진 얼굴 보정 방법

3.3 얼굴 회전 정도 측정

목 중심점의 좌표 Neck_Center(N1, N2)와 입 중심점의 좌표 Lip_Center(L1, L2)를 사용하여 얼굴 좌우 회전 정도를 추정한다. 두 중심점의 좌표를 사용하여 직각 삼각형을 만들면 그림 7과 같고, 얼굴 회전 정도 θ 는 식(3)과 같이 구해진다.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d1}{d2}\right) \quad (3)$$

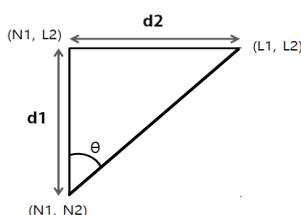


그림 7. 얼굴의 회전정도 추정 방법

3.4 근사 정면 얼굴 영역 결정 방법

근사 정면 얼굴 영역을 결정하기 위해서는 총 두 가지 조건을 동시에 만족시켜야 한다. 먼저, 3.3절에서 계산되는 얼굴의 회전 정도가 0에 가까운 값이어야 한다. 두 번째는 검출된 두 눈의 크기의 비가 1에 가까워야 한다. 측면을 바라보는 경우 한 쪽 눈의 일부가 가려지게 되며, 검출되는 눈의 크기가 작아지게 된다. 또한 일반적으로 정면을 바라보는 두 눈의 크기는 거의 같기 때문이다.

IV. 실험 및 결과 분석

실험에 사용된 운영체제는 Windows 10이고, 실험에 사용한 언어는 Visual Studio 2013 C++이다. 평가를 위해 보스턴 대학에서 제작한 HPEG 데이터를 사용했다. HPEG은 640*480 해상도의 10개의 동영상 파일과 센서를 이용해 실측한 GT값으로 구성되어 있다.

표 1은 근사 정면 얼굴 영상이 검출되었을 때의 결과값과 HPEG에서 제공하는 GT값과 추정된 값들을 실시간으로 비교한 값이다. 두 눈의 비가 대부분 1에 가까운 값을 가지고, 계산된 회전 정도와 실제 각도의 오차값이 적은 것을 확인할 수 있다.

표 1. 제안한 방법을 사용했을 때 결과값

실험 영상	두 눈의 비	회전 정도	실제 각	오차
1	1.00	2.00	0.00	2.00
2	1.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	0.00	9.00	9.00
4	1.00	4.00	0.00	4.00
5	1.03	5.00	0.00	5.00
6	1.00	6.00	0.00	6.00
7	1.03	3.00	0.00	3.00
8	1.00	1.00	0.00	1.00
9	1.00	0.00	1.22	1.22
10	1.15	14.00	0.00	14.00
평균 오차				4.52

그림 8은 제안하는 방법을 사용하여 실시간으로 근사 정면 얼굴 영상을 검출한 결과이다. 그림 9의 중앙에 있는 사진이 최종적으로 검출된 영상이고 좌우 영상은 검출 이전 이후 영상이다. 정면과 근사한 것을 확인할 수 있다.

그림 9은 표 1의 실험 영상 8에 해당하며, 오른쪽 영상이 최종적으로 검출되었다. 표 1의 결과값을 보면, 정면일 때의 두 눈의 비가 1.00, 회전 정도가 0.00으로 나타났다. 그러나 두 눈의 비가 1.4, 회전 정도가 16인 왼쪽 사진이 더욱 정면과 근사한 결과가 나타났다. 이는 제안하는 방법에서 얼굴이 정면을 향하는 경우, 목과 입이 일직선 상에

위치할 것이라고 가정하였기 때문이다. 실험 영상 8은 다른 영상에 비해 자세가 바르지 않아서 목과 입이 일직선 상에 나타나지 않았다.

또한 그림 10의 경우 가장 왼쪽에 있는 영상이 최종적으로 검출된 영상이며, 표 1의 실험 영상 10에 해당한다. 표 1의 결과값을 보면 두 눈의 비는 1.15, 회전 정도는 14로 오차가 큰 것을 확인할 수 있다. 이는 그림 10과 같이 자세가 바르지 않아 생기는 오차이며 얼굴이 회전하는 영상에서 확인할 수 있다.

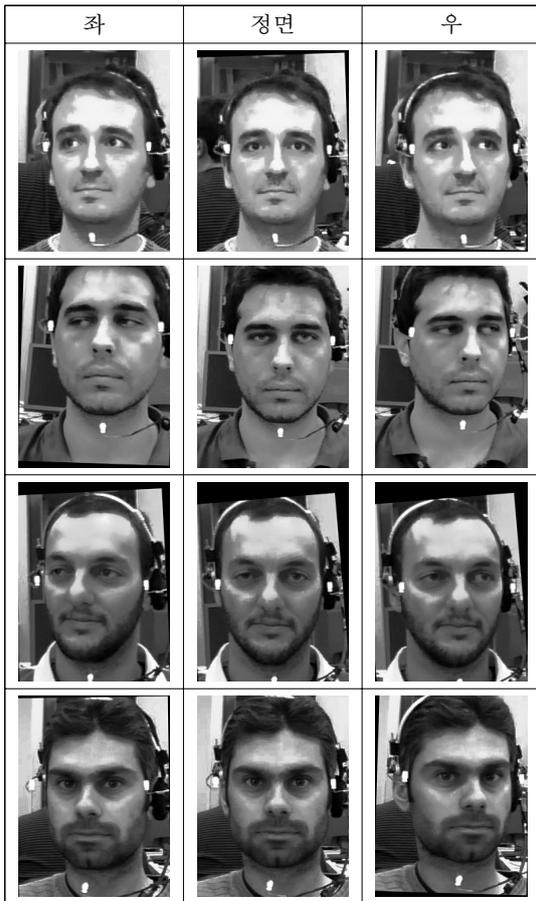


그림 8. 검출한 근사 정면 얼굴 영상



그림 9. 오검출 된 영상



그림 10. 오차가 큰 영상

V. 결 론

본 논문에서는 하르유사 특징 기반의 Adaboost 알고리즘을 사용하여 얼굴을 검출하고, Extended Mean-Shift 알고리즘을 사용하여 실시간으로 추적하도록 하였다. 또한 검출된 얼굴 영역 내에서 얼굴 특징점들을 추출하고, 이를 이용하여 근사 정면 얼굴 영상을 결정하는 방법을 제안하였다. 제안한 방법을 토대로 실험한 결과, 실험 데이터의 정면 얼굴 영상을 모두 검출할 수 있었다.

향후 얼굴의 회전 정도의 오차를 감소시킴으로써 얼굴 각도 추정에 대한 정확도가 향상된다면, 더욱 효율적으로 사용가능할 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] P. Viola, M. J. Jones, "Robust Real-Time Face Detection", *International journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, pp.137-154, 2004.
- [2] D. Comaniciu, V. Ramesh, P. Meer, "Real-time tracking of non-rigid objects using mean shift", *IEEE Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2, pp.142-149, 2000.
- [3] 정성환, 배종욱, *OpenCV로 배우는 영상 처리 및 응용*, 파주, (주)생능출판사, 2017
- [4] 정민교, 박지숙, 엄성용, 조현희, "간단한 얼굴 방향성 검출방법", *멀티미디어학회논문지*, vol. 9, no. 2, pp.234-243, 2006
- [5] 윤병훈, 김계영, "인중위치를 위용한 얼굴 각도 계산", *학위논문(석사)*, 2015