

3차원 얼굴 형상의 정규화를 위한 특징 추출

김익동^o 심재창

안동대학교 컴퓨터공학과

{kid7^o, jcshim}@andong.ac.kr

Feature Extraction for the Normalization of a 3D Human Face

Ik-Dong Kim^o Jae-Chang Shim

Dept. of Computer Engineering, Andong National University

요 약

본 논문은 3차원 얼굴 형상을 이용한 얼굴 인식이 있어서, 정규화 과정에 사용될 얼굴의 특징 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 3차원 얼굴 형상은 조명의 변화에 상관없이 얼굴의 특징 분석이 가능하고, 이를 이용한 얼굴 인식이 가능하다. 그러나, 입력된 형상에 따라 회전, 기울어진 정도, 그리고 좌우로 움직인 정도가 다르다. 이런 특성을 고려하지 않고 추출된 특징들은 잘못된 인식 결과를 초래할 수 있다. 이런 이유로 입력시의 오류들을 바로잡는 정규화 과정이 필요하다. 정규화 과정에서는 얼굴의 기하학적인 특징(눈, 코, 입 등)을 이용하는 것이 일반적이다. 이들 중, 코는 3차원 얼굴 형상에서 두드러진 특징이 될 수 있다. 본 연구에서는 코의 실제 형상과 유사한 코 형상 추출 마스크를 사용하여 입력된 형상으로부터 코 영역을 추출하는 방법을 제안한다.

하였다.

1. 서 론

지문 인식이나 홍채 인식 등의 생체인식의 인기가 더불어 오래 전부터 연구되어온 컴퓨터 얼굴인식에 대한 관심이 고조되고 있다. 특히, 얼굴 인식 기술은 다른 생체 인식 기술에 비해 비교적 신체접촉이 적어서 거부감 없이 인식이 가능하다는 장점이 있다. 주로 2차원 영상을 활용한 연구[1]가 일반적이었으나, 2차원 영상은 조명이나 영상 입력 환경에 따라 입력 영상에 대한 품질의 차이가 크다. 영상의 품질은 인식 결과에 영향을 미칠 수 있고, 이로 인한 오인식 확률이 증가한다. 이러한 단점으로 인해 3차원 형상을 이용한 얼굴 인식 기술에 대한 연구가 진행 중이다[2-5]. 3차원 형상은 조명에 영향을 받지 않고, 얼굴의 전체 형상에 대한 특징이나 깊이 정보를 활용한 인식이 가능하여 신뢰할 만한 인식 결과를 나타낼 수 있다.

그러나, 입력되는 3차원 얼굴 형상 역시 얼굴의 회전(rotation)이나 틸팅(tilting), 그리고 패닝(panning)에 의해 인식 결과에 영향을 끼칠 수 있다. 따라서 입력된 형상으로부터 이런 변화 요소들을 찾아서 교정하고, 형상을 일정한 크기로 일치시키는 정규화 과정이 필요하다. 얼굴 위치의 변화된 정도는 얼굴의 특징이 되는 눈, 코, 입 등을 기준으로 측정하는 것이 쉽다. 특히, 3차원 얼굴형상에서 코는 두드러진 특징이 되며, 이를 추출하는 작업이 가장 용이하다.

3차원 얼굴 형상 데이터를 이용하여 특징 영역을 찾는 방법으로는 깊이 정보의 가장 높은 지점으로부터 일정한 깊이에 있는 지점들을 선택하여 영역을 분할하고, 이로부터 특징점을 찾는 방법이 있다. 이는 카메라의 패닝에 의해 잘못된 특징점이 추출될 수 있다. 또 얼굴 영역의 분할이 선행되지 않으면 머리 카락이나 다른 주변 특징들에 의해 잘못된 특징점이 추출될 수 있다. 전체 깊이 데이터로부터 기울기 변화만으로 특징점을 찾는 방법[5]은 회전된 얼굴에 대해 특징점 추출이 어렵다. 또 다른 방법으로 얼굴 표면의 곡률 정보를 이용한 연구가 진행되었다[2,4,6].

본 논문에서는 3차원 얼굴 형상의 정규화에 사용될 코의 영역을 실제 코의 형상과 유사한 코 형상 마스크(nose mask)를 사용하여 추출하는 방법을 제안하고, 이를 위한 마스크를 설계

2. 코 형상 마스크를 이용한 코 영역 추출

사람의 코는 일반적으로 코끝을 기준으로 했을 때 아래쪽으로는 인중과 맞닿는 부분이 급격한 경사를 이루며, 위쪽으로는 양미간에 이르기까지 꺾음이 완만한 경사를 이룬다. 또 코끝을 기준으로 좌우로 코의 양쪽 끝은 비스듬한 경사를 유지한다. 경사의 급한 정도는 사람에 따라 조금씩 차이가 있지만, 전체적인 코의 형상과 부위별 명칭은 그림 1과 같다.



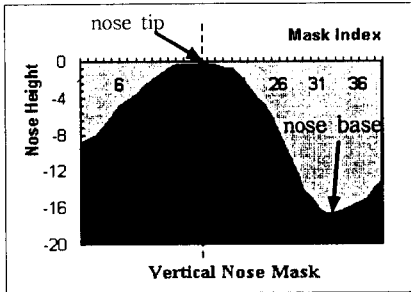
[그림 1] 코의 기하학적인 모양과 부위별 명칭

코의 이러한 특징들을 이용하여 수직, 그리고 수평방향으로 영상의 실제 높이 값을 계산하는 것이 가능하다. 그리고 이렇게 계산된 값을 수평, 그리고 수직방향으로 코의 특성을 추출하는 마스크로 사용하여 입력된 전체형상으로부터 코 부분을 추출해 내고자 한다. 이 경우, 사람의 코의 형상은 연령이나 성별, 또는 유전적인 요인이나 환경적인 요인에 따라 크기나 형태가 조금씩 차이가 나므로 여러 사람에 대한 코의 높이 정보를 평균하여 마스크를 제작하였다.

먼저 수직방향에 대한 코의 마스크는 꺾음을 중심 축으로 하여 아래쪽으로는 코끝을 지나 인중에 걸쳐있고, 위쪽 방향으로 는 코끝으로부터 조금 떨어진 지점까지로 하였다.

$$M_V(v) = \frac{1}{S} \sum_{v=1}^S F(v) \quad (1)$$

M_V 는 수직 방향의 코 형상 마스크, S 는 표본의 크기, 그리고 F 는 표본으로부터 추출된 코 영역의 실제 높이 값을 나타낸다. 전체적인 수직방향에 대한 마스크의 모양은 그림 2와 같은 모습을 나타낸다.

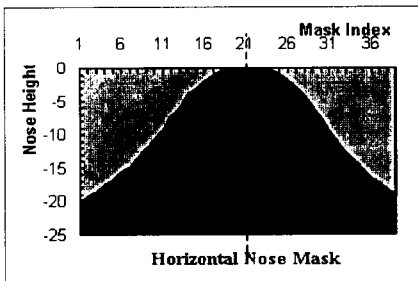


[그림 2] 수직 방향에 대한 코의 마스크

수평방향에 대한 코의 마스크는 코끝에 가까울수록 코 자체에 대한 특징을 잘 나타내지만, 이 부분은 사람에 따라 지니는 특징들이 조금씩 차이가 난다. 따라서 개인차가 비교적 나지 않는 콧등의 중간 부분을 기준으로 수평 방향의 단면의 형태를 코에 대한 마스크 형상으로 하였다.

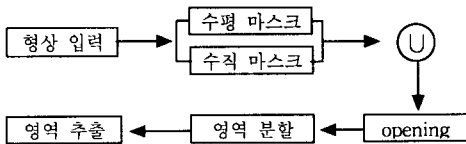
$$M_H(u) = \frac{1}{S} \sum_{u=1}^S F(u) \quad (2)$$

M_H 는 수평 방향의 코 형상 마스크를 나타낸다. 코의 수평 형상에 대한 마스크는 그림 3과 같다.



[그림 3] 수평 방향에 대한 코의 마스크

M_V 와 M_H 를 최선 마스크로 사용해서 입력된 영상에 대해 최선(convolution)작업을 수행하고 임계값을 적용하여 마스크 적용 형상을 추출한다. 전체 처리 과정은 그림 4와 같다.



[그림 4] 얼굴 특징 영역 추출 흐름도

입력된 얼굴 형상의 깊이 정보는 효율적인 처리 과정을 위해서 2차원 그레이 레벨 영상으로 나타내었다. 먼저, 입력된 영상은 설계된 코 형상 마스크를 전체 영상에 적용하여 코의 수직, 수평 특징을 추출해 낸다.

$$f_v = f \otimes M_V \quad (3)$$

f_v 는 그레이 레벨로 변경된 영상 f 에 수직 마스크 M_V 를 적용한

결과 영상이다. 마스크를 적용하는 과정에 있어서 코 부분의 특징을 가장 잘 추출하도록 실험적으로 임계값을 선택하였다.

$$f_H = f \otimes M_H \quad (4)$$

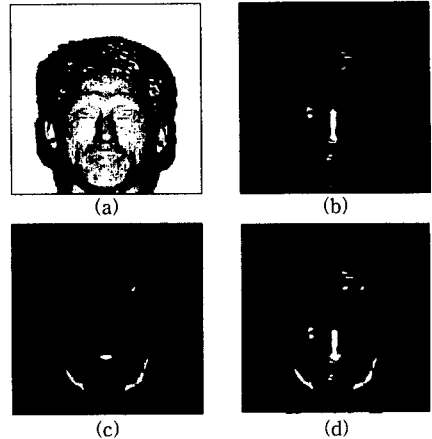
f_H 는 그레이 레벨로 변경된 영상 f 에 수평 마스크 M_H 를 적용한 결과 영상이다. 마스크를 적용하는 과정에 있어서 코 부분의 특징을 가장 잘 추출하도록 실험적으로 임계값을 선택하였다. 그리고, 이 결과를 합한 영상으로부터 코의 기하학적 형태와 일치하는 영역을 찾아냄으로써 코의 위치와 영역을 추출한다.

$$f_I = f_V \cup f_H \quad (5)$$

f_I 는 f_V 와 f_H 의 영상의 논리합에 의한 영상으로 영역 추출을 위한 중간 과정 영상이다. 이 과정에서 f_I 는 형태학적 처리를 위해 이진화된다.

$$f_I = \begin{cases} 255 & f'(u,v,h) \geq Th, \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

그림 5는 각 처리과정에서 생성된 중간 과정의 영상들이다.



[그림 5] 특징 추출 과정의 영상과 입력 형상을 겹친 영상 (a) 입력 형상, (b) 수평 mask 적용 결과, (c) 수직 mask 적용 결과, (d) (c)와 (b)의 논리합에 의한 영상

이렇게 코 형상 마스크에 의해 추출된 영역은 영역의 크기가 다양하다. 또한 코 영역을 제외한 나머지 영역에서 코의 특징을 가지는 부분들이 추가적으로 존재하게 된다. 이 부분들을 효과적으로 제거하기 위해 형태학적 연산을 수행하여 영역의 특징을 분석한다. 이 과정에서는 opening 연산이 효과적이다.

$$f' = (f_I \ominus S) \oplus S \quad (7)$$

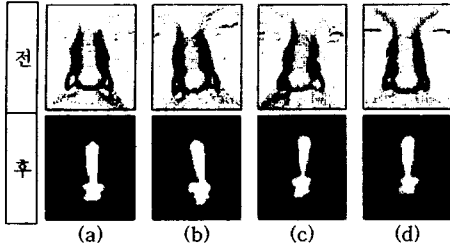
f' 는 논리합에 의한 영상 f_I 와 형태소 함수 S 에 의한 opening의 결과 영상으로 특징 영역 추출을 위한 영상이다.

코 영역을 추출하기 위해서는 코 영역을 정의하기 위해 다음과 같은 몇 가지 제한 사항을 둔다.

- 카메라로 입력된 얼굴 형상으로부터 코의 평균적인 크기를 결정한다. 이때, 얼굴의 회전된 정도를 고려하여 코의 크기를 정의한다.
- 코의 형태는 위쪽이 뾰족하고 아래쪽이 위쪽에 비해 넓다.
- 코의 형태는 세로방향이 길고 가로방향이 세로 길이에 비해 좁다.

사람의 코의 모양은 일반적으로 세로방향이 길고 가로 방향이 세로 방향의 길이에 비해 좁은 모양을 나타낸다. 위쪽은 양미간에 이르기까지 뾰족하며 아래쪽은 위쪽에 비해 넓은 모양을 하고 있다. 이런 특징을 이용하여 일반적인 코의 가로와 세

로의 크기를 정의한다. 이때 크기는 카메라 촬영시 카메라와 얼굴과의 기준 거리로부터 측정된 영상을 바탕으로 정의하며, 얼굴의 회전된 정도를 고려하여 실제 코의 크기보다 조금 넓은 범위로 최대 코의 크기와 최소 코의 크기를 정의한다. 이로부터 추출된 코의 영역은 그림 6과 같다.



[그림 6] 추출 전(위)과 추출 후(아래) 코의 영역, (a) 정면 코 영역, (b) 좌측으로 회전된 코 영역, (c) 좌측으로 패닝된 코 영역, (d) 아래쪽으로 틸팅된 코 영역

3. 실험 및 고찰

실험을 위해 사용된 얼굴 형상은 (주)포디컬처[7]의 3차원 형상 스캐너를 통해 입력받았다. 레이저 슈트빔을 이용한 광삼각 측정 방식의 이 스캐너는 약 3초간에 걸쳐 320x320의 점군(point cloud) 형태의 3차원 깊이 정보를 가지는 데이터를 생성한다[8]. 이 형상은 처리속도를 위해 동일 크기의 그레이 영상으로 변환하여 사용하였다. 얼굴 형상은 얼굴 영역 구분을 위한 별도의 영역 분할 작업을 수행하지 않았다.

코에 대한 마스크 크기는 가로 방향으로 39 x 1, 그리고 세로 방향으로 1 x 39의 크기를 사용하였다. 코의 영역 추출을 위한 후보 영역의 크기는 얼굴의 회전된 정도를 고려하여 세로 방향으로 최소 37mm, 최대 87mm로 하였다. 가로 방향으로 최소 19mm, 최대 62mm로 하였다. 이 제한조건에 부가하여 코는 아래쪽이 넓고 위쪽이 긴 특징을 이용하여 코의 영역을 추출한다.

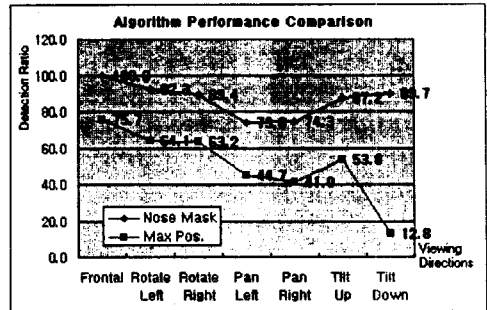
본 실험에 사용된 형상은 정면, 좌·우로 회전된 형상, 좌·우로 패닝된 형상, 그리고 아래 또는 위로 틸팅된 형상 등 7가지 자세를 취하여 획득하였다. 회전, 패닝, 그리고 틸팅의 정도는 전반적으로 5~8°의 범위를 나타낸다. 코 영역 추출에 대한 결과는 정확하게 추출된 경우(correct), 잘못 추출된 경우(error), 추출하지 못한 경우(miss)등의 세 가지로 구분하였다. 제안된 코의 영역 추출 방식과 최고점을 기준으로 하여 일정 깊이의 영역으로부터 코의 영역을 추출해 내는 방법을 비교 실험하였다. 실험 결과는 표 1과 같다.

[표 1] 제안된 알고리즘과 최고 높이 값을 이용한 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과 비교, P(제안된 알고리즘), H(최고 높이 값을 이용한 알고리즘)

type	sample		correct		error		miss		ratio		
	P	H	P	H	P	H	P	H	P	H	
frontal	37	37	37	28	0	2	0	7	100	75.7	
rotate	left	39	39	36	25	2	4	1	10	92.3	64.1
	right	38	38	34	24	3	3	1	11	89.4	63.2
pan	left	38	38	28	17	5	4	5	17	73.6	44.7
	right	39	39	29	16	6	8	4	15	74.3	41.0
tilt	up	39	39	34	21	3	1	2	17	87.2	53.8
	down	39	39	35	5	3	10	1	24	89.7	12.8
total	269	269	233	136	22	32	14	101	86.6	50.6	

그림 7은 두 개의 알고리즘에 의한 형상 입력 방향에 따른 코 영역

검출 결과를 그래프로 나타내었다.



[그림 7] 코 영역 추출 알고리즘의 성능 비교

실험 결과에서와 같이 정면 형상에 대한 특징 추출은 정확한 추출 결과를 나타낸다. 그리고, 입력된 형상의 기울어진 정도에 큰 영향을 받지 않고 신뢰할 만한 코 영역 추출 결과를 나타내었다. 또한 특별히 얼굴 영역을 분할해 내지 않고도 높은 추출 성공률을 나타내었다.

4. 결론

본 논문에서는 코의 실제 형상과 유사한 코 형상 마스크를 적용하여 얼굴 정규화에 기반이 되는 코 특징을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 수직 방향으로 코의 중심을 지나는 코 형상 마스크와 수평 방향으로 코의 형상을 나타내는 마스크를 설계하여 적용하였다. 추출된 코 영역은 정면 형상에 대해 신뢰할 만한 결과를 나타내었으며, 다양한 입력 자세에 대해서도 비교적 정확한 추출이 가능하였다.

추출된 코의 영역을 바탕으로 얼굴의 회전된 정도, 패닝된 정도, 그리고 틸팅된 정도를 측정하는 것이 가능하다. 그리고 이렇게 측정된 정보를 바탕으로 얼굴 인식을 위한 얼굴의 정규화 작업이 가능하다.

참고 문헌

- [1] R. Chellappa, C. L. Wilson, and S. Sirohey, "Human and machine recognition of face: A survey", Proceedings of the IEEE, 83(5):705-740, 1995.
- [2] G.G. Gordon, "Face Recognition based on depth maps and surface curvature", SPIE Geometric methods in Computer Vision, San Diego, vol. 1570, 1991.
- [3] P.W. Hallinan, Two-and three-dimensional patterns of the face, A K Peters. Ltd. 1999.
- [4] T.K. Kim, S.C. Kee, S.R. Kim, "Feature Extraction from Rotated Face 3D data", 제13회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문집, pp. 627-632, 2001.
- [5] Fujiwara, "On the detection of feature points of 3D facial image and its application to 3D facial caricature", International Conference on 3-D digital Imaging and Modeling, 1999.
- [6] P. W. Hallinan, G. Gordon, A.L. Yuille, P. Giblin, D. Mumford, "Two-and Three- Dimensional Patterns of the Face", A. K. Peters, pp. 204-216, 1999.
- [7] http://www.4dculture.com
- [8] 김익동, 분할 기법을 이용한 3차원 얼굴 형상의 추출, 안동대학교 석사 학위 논문, 2002.