논문 2004-41SP-4-1

코 형상 마스크를 이용한 3차원 얼굴 영상의 특징 추출

(Facial Feature Extraction using Nasal Masks from 3D Face Image)

김 익 동*, 심 재 창**

(Ik-Dong Kim and Jae-Chang Shim)

요 약

본 논문은 3차원 얼굴 영상을 이용한 얼굴 인식에 있어서, 정규화 과정에 사용될 얼굴의 특징 영역을 추출하는 방법을 제안한다. 3차원 얼굴 영상은 조명의 변화에 상관없이 얼굴의 특징 분석이 가능하고, 이를 이용한 얼굴 인식이 가능하다. 그러나 입력된 형상의 자세에 따라 회전, 기울어진 정도, 그리고 좌우로 움직인 정도가 다르다. 이런 특성을 고려하지 않고 추출된 특징들은 잘못된 인식 결과를 초래할 수 있다. 이런 이유로 입력에서의 오류들을 바로잡는 정규화 과정이 필요하다. 정규화 과정에서는 얼굴의 기하학적인 특징인 눈, 코, 입 등을 이용하는 것이 일반적이다. 이들 중, 코는 3차원 얼굴 영상에서 두드러진 특징이 될 수 있다. 본 연구에서는 코의 실제 형상과 유사한 코 추출 마스크를 사용하여 입력된 영상으로부터 코를 추출하는 방법을 제안한다.

Abstract

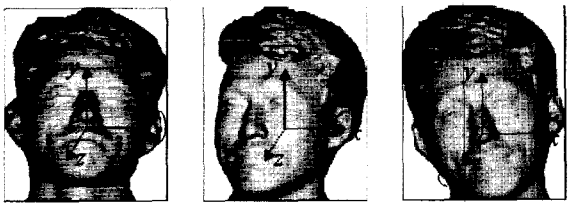
This paper proposes a new method for facial feature extraction, and the method could be used to normalize face images for 3D face recognition. 3D images are much less sensitive than intensity images at a source of illumination, so it is possible to recognize people individually. But input face images may have variable poses such as rotating, panning, and tilting. If these variances are not considered, incorrect features could be extracted. And then, face recognition system result in bad matching. So it is necessary to normalize an input image in size and orientation. It is general to use geometrical facial features such as nose, eyes, and mouth in face image normalization steps. In particular, nose is the most prominent feature in 3D face image. So this paper describes a nose feature extraction method using 3D nasal masks that are similar to real nasal shape.

Keywords : face recognition, feature extraction, nose localization, face normalization

I. 서 론

생체인식의 활용이 확산됨에 따라 얼굴인식에 대한 관심이 고조되고 있고, 이에 대한 연구와 시스템의 개발이 활발하다. 얼굴 인식 기술은 다른 생체 인식 기술에 비해 비교적 신체접촉이 적어서 거부감 없이 인식이 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점으로 인해 얼굴인식에 대한 연구가 활발히 진행되었으며, 주로 2차원 영상을 활용한 연구가 일반적이었다[1]. 그러나 2차원 영상은 조명이나 영상 입력 환경에 따라 입력 영상에 대한 품질 차이가 크다. 이는 특징 기반의 얼굴 인식의 경우, 특징 추출 결과에 영향을 미칠 수 있고, 이로 인한 오인식률이 증가한다. 이러한 단점으로 인해 3차원 영상을 이용한 얼굴 인식 기술에 대한 연구가 진행 중이다[2-8]. 3차원 영상은 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 영상 역시 얼굴의 회전(rotation)이나 틸팅(tilting), 그리고 패닝(panning)에 의해 인식결과에 영향을 끼칠 수 있다. 회전이나 패닝, 그리고 틸팅은 얼굴이 주시하고 있는 방향에 따라 다음 그림 1과 같이 x축에 대해 기울어진 정도를 회전, y축에 대해 기울어진 정도를 틸팅, 그리고 z축에 대해 기울어진 정도를 패닝이라 정의한다.

* 학생회원, ** 평생회원, 안동대학교 컴퓨터공학과
(Dept. of Computer Engineering, Andong National University)
접수일자: 2003년10월24일, 수정완료일: 2004년6월1일



(a) (b) (c)

그림 1. 얼굴의 기울어진 정도에 따른 명칭 (a) 회전(rotation), (b) 패닝(panning), (c) 틸팅(tilting)

Fig. 1. Term definition according to orientation of the face (a) rotation, (b) panning, (c) tilting.

따라서 입력된 영상으로부터 이런 변화 요소들을 찾아내어서 교정하고, 형상을 일정한 크기로 일치시키는 정규화 과정이 필요하다. 이때 얼굴 위치의 변화된 정도는 얼굴의 특징이 되는 눈, 코, 입 등을 기준으로 측정하는 것이 쉽다. 특히 특징기반의 3차원 깊이 데이터를 이용한 얼굴 인식에서 볼 때, 3차원 얼굴 형상에서 코는 두드러진 특징이 되며, 얼굴이 회전된 상태에서도 다른 특징들에 비해서 추적이 용이하다[9]. 따라서 이를 추출하는 작업이 또한 가장 효과적이다.

3차원 얼굴 영상을 이용하여 특징 영역을 찾는 방법으로는 깊이 정보의 가장 높은 지점으로부터 일정한 깊이에 있는 지점들을 선택하여 영역을 분할하고, 이로부터 특징점을 찾는 방법이 있다. 이는 알고리즘이 단순하고, 처리 속도가 빠른 장점을 가지나, 입력 자세의 회전에 의해 잘못된 특징점이 추출될 수 있다. 또 얼굴 영역의 분할이 선행되지 않으면 머리카락이나 다른 주변 특징들에 의해 잘못된 특징점이 추출 될 수 있다. 전체 깊이 데이터로부터 기울기 변화만으로 특징점을 찾는 방법[6-7]은 회전된 얼굴에 대해 특징점 추출이 어렵다. 또 다른 방법으로 얼굴 표면의 곡률 정보를 이용한 연구가 진행되었으나[2-5], 연산 량이 많아 처리 속도가 느린 단점이 있다.

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

II. 3차원 얼굴 영상의 획득

그 동안 얼굴 영상을 획득하기 위한 3차원 영상입력기는 해상도가 높고 가격이 비싸서 일반적으로 쉽게 활용할 수 있는 장치가 아니었다. 그러나 최근 3차원 입력기의 핵심 부품인 CMOS센서 모듈, DSP칩 및 레이저 기술 등이 발달되어 3차원 입력기 시스템의 가격이 낮아져서 실용단계에 있다[10-12]. 본 연구에서는 (주)포디컬쳐[10]의 광삼각방식의 3차원 얼굴 스캐너를 통해 얼굴영상을 획득하였다. 광삼각 원리를 이용한 이 스캐너는 레이저 슬릿 빔(slit beam)을 수평 방향으로 주사하는 레이저 프로파일 생성기(profiler)를 위쪽에서 아래쪽으로 이동하면서 프로파일이 포함된 명암도 영상을 3초간에 걸쳐 180장을 입력 받는다. 입력된 프로파일 영상에서 잡음을 제거하고, 레이저 프로파일의 중심선을 찾아낸다. 이 때의 중심선의 위치를 높이 값으로 하여 3차원 영상을 추출해낸다. 이 과정을 통해 가로 및 세로로 320 × 320의 점군(point cloud) 형태의 3차원 깊이 정보를 가지는 데이터를 생성한다. 스캐너 시스템의 구성은 그림 2와 같다.

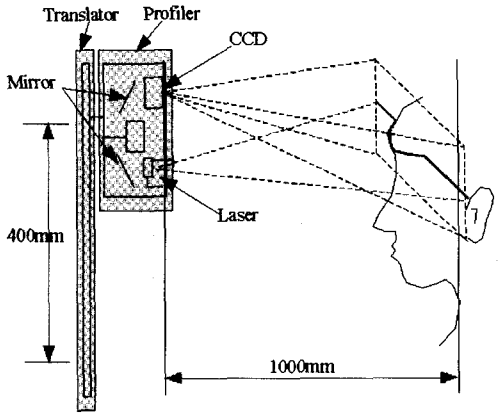


그림 2. 3차원 얼굴 영상 스캐너의 구성

Fig. 2. System configuration of 3D face scanner.

III. 코 형상 마스크를 이용한 코 영역 추출

사람의 코는 일반적으로 코끝을 기준으로 했을 때 아래쪽으로는 인중과 맞닿는 부분이 급격한 경사를 이루며, 위쪽으로는 양미간에 이르기까지 완만한 경사를 유지하며 콧등을 이룬다. 또 코끝을 기준으로 좌우로 코의 양쪽 면은 비스듬한 경사를 유지한다. 경사의 급한 정도는 사람에 따라 조금씩 차이가 있지만, 전체적인 코의 형상은 유사하다. 코의 형상과 각 부위별 명칭은 일반적으로 그림 3과 같이 정의한다.

코의 이러한 특징들을 이용하여 x축과 y축 방향으로 영상의 실제 높이 값을 계산하는 것이 가능하다. 이렇게 계산된 값을 수평, 그리고 수직방향으로 코의 특성을 추출하는 마스크로 사용하여 입력된 전체 영상으로부터 코 부분을 추출해 내고자 한다. 이 경우, 사람의

그림 3. 코의 기하학적인 모양과 부위별 명칭
Fig. 3. Geometrical appearance of human nose and its name.

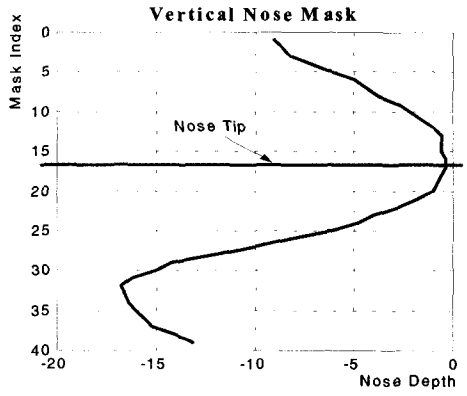


그림 4. 수직 방향에 대한 코의 마스크
Fig. 4. Vertical nose mask.

코의 형상은 연령이나 성별, 또는 유전적인 요인이나 환경적인 요인에 따라 크기나 형태가 조금씩 차이가 나므로 여러 사람에 대한 정면 영상으로부터 x축과 y축 방향으로 코의 높이 정보를 평균하여 각각에 대해 마스크를 설계하였다.

먼저 y축 방향에 대한 코의 마스크는 콧등을 중심축으로 하여 아래쪽으로는 코끝을 지나 인중에 걸쳐있고, 위쪽 방향으로는 코끝으로부터 조금 떨어진 지점까지로 하였다.

$$M_V(i) = \frac{1}{S}\sum_{v=1}^{S} F_z(y_{vi}) \tag{1}$$

M_V는 y축 방향의 코 형상 마스크이고, i는 마스크의 크기이다. $F_z(y_i)$는 표본으로부터 추출된 y축 방향에 대한 실제 코 부분의 깊이 값 $(y_1, y_2, \ldots, y_n)^T$으로, i는 $1 \le i \le n$의 범위를 가진다. S는 표본의 크기를 나타낸다. 추출된 y축 방향에 대한 코 형상에 대한 마스크 M_V의 모양은 그림 4와 같다.

다음으로 x축 방향에 대한 코의 마스크는 코끝에 가

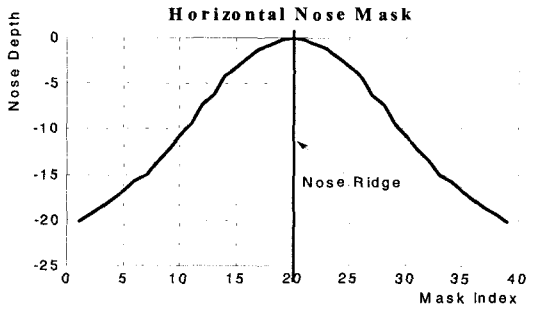


그림 5. 수평 방향에 대한 코의 마스크
Fig. 5. Horizontal nose mask.

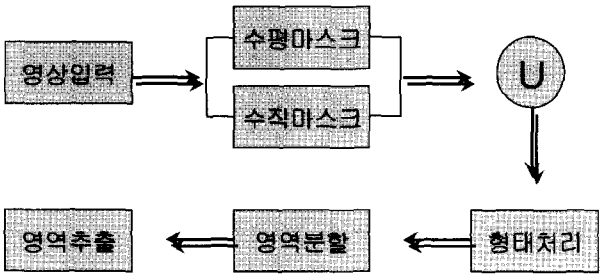


그림 6. 얼굴 특징 영역 추출 흐름도
Fig. 6. The flow of facial feature extraction.

까울수록 코 자체에 대한 특징을 잘 나타내지만, 이 부분은 코의 크기나 형태에 따라 지니는 특징들이 조금씩 차이가 난다. 따라서 개인차가 비교적 나지 않는 콧등의 중간 부분을 기준으로 x축 방향의 단면의 형태를 코에 대한 마스크 형상으로 하였다.

$$M_H(j) = \frac{1}{S}\sum_{u=1}^{S} F_z(x_{uj}) \tag{2}$$

M_H는 x축 방향의 코 형상 마스크를 나타낸다. $F_z(x_j)$는 표본으로부터 추출된 x축 방향에 대한 실제 코 부분의 깊이 값 $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$으로, j는 마스크의 크기를 나타내며 $1 \le j \le n$의 범위를 가진다. u는 각각의 표본을 나타내며 $1 \le u \le S$의 범위를 갖는다. 이렇게 추출된 코의 x축 방향에 대한 마스크는 그림 5와 같다.

이를 회선 마스크로 사용해서 입력된 영상에 대해 회선(convolution)작업을 수행하고 임계값을 적용하여 마스크 적용 형상을 추출한다. 전체 처리 과정은 그림 6과 같다.

입력된 얼굴의 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.

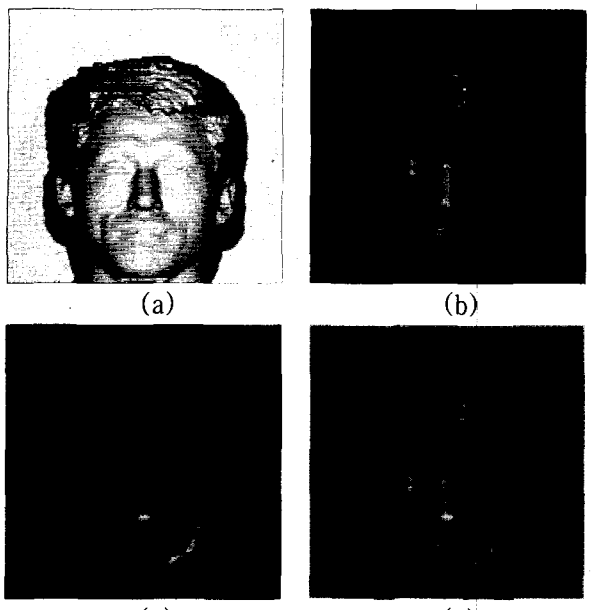


그림 7. 특징 추출 과정의 영상과 입력 영상을 겹친 영상 (a)입력 영상, (b) 수평 마스크 적용 결과, (c) 수직 마스크 적용 결과, (d) (b)와 (c)의 논리합에 의한 영상

Fig. 7. Intermediate images which are overlapped with input range image during the feature extraction processes, (a)input range image, (b) horizontal nose masked image, (c) vertical nose masked image, (d) result image from morphological opening after (b) OR (c).

$$f_V = f \otimes M_V \tag{3}$$

f_V는 그레이 레벨로 변경된 영상 f에 수직 마스크 M_V를 적용한 결과 영상이다. 마스크를 적용하는 과정에 있어서 코 부분의 특징을 가장 잘 추출하도록 실험적으로 임계값을 선택하였다.

$$f_H = f \otimes M_H \tag{4}$$

f_H는 그레이 레벨로 변경된 영상 f에 수평 마스크 M_H를 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.

$$f_I = f_V \cup f_H \tag{5}$$

f_I는 f_V와 f_H의 영상의 논리합에 의한 영상으로 영역 추출을 위한 중간 과정 영상이다. 이 과정에서 f_I는 형태학적 처리를 위해 이진화된다.

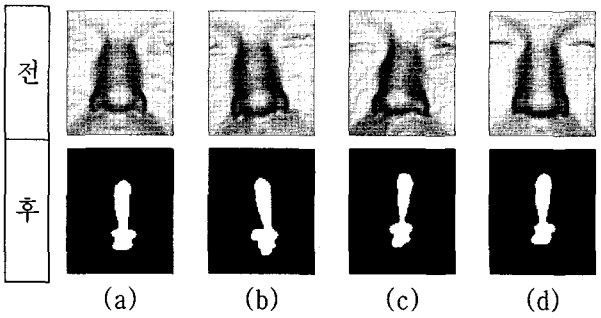


그림 8. 추출된 코의 영역, (a) 정면 코 영역, (b) 좌측으로 회전된 코 영역, (c) 좌측으로 패닝된 코 영역, (d) 아래쪽으로 틸팅된 코 영역

Fig. 8. Extracted nose region, (a) frontal nose region, (b) left rotated nose region, (c) left paned nose region, (d) downward tilted nose region.

$$f_B = \begin{cases} 255 & f(u,v,h) \geq Th, \\ 0 & otherwise \end{cases} \tag{6}$$

그림 7은 각 처리과정에서 생성된 중간 과정의 영상들과 결과 영상이다.

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 오프닝(opening)연산이 효과적이다.

$$f' = (f_B \ominus S) \oplus S \tag{7}$$

f'는 이진화된 영상 f_B와 형태소 함수 S에 의한 오프닝(opening)의 결과 영상으로 특징 영역 추출을 위한 영상이다. 코 영역을 추출하기 위해서는 다음과 같은 몇 가지 제한 사항을 두었다.

- 카메라로 입력된 얼굴 영상으로부터 코의 평균적인 크기를 결정한다. 이때, 얼굴의 회전된 정도를 고려하여 코의 크기를 정한다.
- 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 세로의 크기를 정의한다.

표 1. 제안된 알고리즘에 의한 코 특징 추출 결과
Table 1. Result from nose feature extraction by proposed algorithm. sample: the number of input 3D facial image, correct: the number of correct region, error: the number of incorrect detection, miss: the number of no detection, ratio: percentage of the correct detection.

type		sample	correct	error	miss	ratio
frontal		37	37	0	0	100
rotate	left	39	36	2	1	92.3
	right	38	34	3	1	89.4
pan	left	38	28	5	5	73.6
	right	39	29	6	4	74.3
tilt	up	39	34	3	2	87.2
	down	39	35	3	1	89.7

표 2. 최고 높이 값을 이용한 알고리즘에 의한 코 특징 추출 결과
Table 2. Result from nose feature extraction by maximum depth value detecting algorithm.

type		sample	correct	error	miss	ratio
frontal		39	30	2	7	76.9
rotate	left	40	26	4	10	65.0
	right	39	25	11	3	64.1
pan	left	39	18	4	17	46.1
	right	40	16	9	15	40.0
tilt	up	40	21	1	18	52.5
	down	40	5	10	25	12.5

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 8과 같다.

Ⅳ. 실험 및 고찰

실험을 위해 사용된 영상은 처리속도를 위해 동일 크기의 256 명암도 영상으로 변환하여 사용하였다. 얼굴 영상은 얼굴 영역 구분을 위한 별도의 영역 분할 작업은 수행하지 않았다. 코에 대한 M_H 마스크의 크기는 39 x 1, 그리고 M_V는 1 x 39의 크기를 사용하였다. 코의 영역 추출을 위한 후보 영역의 크기는 얼굴의 회전된 정도를 고려하여 y축 방향으로 코의 크기는 최소

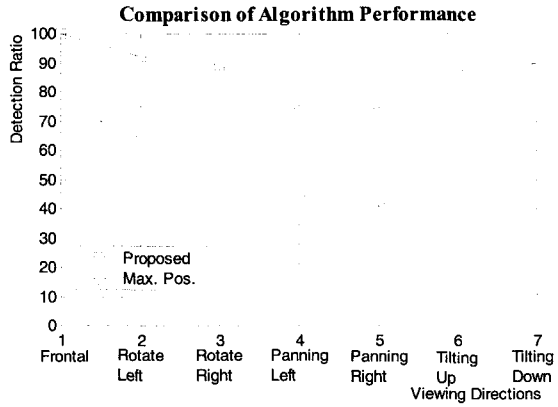


그림 9. 특징 추출 알고리즘의 성능 비교
Fig. 9. Performance comparison chart of nose region registration algorithms.

37mm, 최대 87mm로 하였다. x축 방향으로 코의 크기는 최소 19mm, 최대 62mm로 하였다. 이 제한조건에 부가하여 코는 아래쪽이 넓고 위쪽이 긴 특징을 이용하여 코의 영역을 추출한다. 본 실험에 사용된 영상은 40명으로부터 정면, 좌·우로 회전된 영상, 좌·우로 패닝된 영상, 그리고 아래 또는 위로 틸팅 된 영상 등 7가지 자세를 취하여 획득하였다. 회전, 패닝, 그리고 틸팅의 각도는 전반적으로 5 ~ 8°의 범위를 나타낸다.

제안된 방법에 의한 실험 결과는 표 1과 같다. 특징 추출에 대한 결과는 올바로 추출된 경우(correct), 잘못 추출된 경우(error), 추출하지 못한 경우(miss)등의 세 가지로 구분하였다. 실험 결과에서와 같이 정면 영상에 대한 특징 추출은 정확한 추출 결과를 나타낸다. 그리고 회전이나 패닝, 그리고 틸팅된 영상에 대해서도 비교적 높은 추출 결과를 나타내었다. 또한 특별히 얼굴 영역을 분할해 내지 않고도 높은 추출률을 나타내었다.

표 2는 같은 얼굴 깊이 정보 영상에 대해 최고점을 기반으로 얼굴의 코 영역을 추출하는 알고리즘을 적용한 결과이다. 이 알고리즘은 간단하지만 제안된 알고리즘에 비해서 회전, 패닝, 그리고 틸팅에 취약한 특성을 나타낸다.

그림 9는 두 개의 알고리즘에 의한 관찰 방향에 따른 코 영역 검출 결과를 그래프로 나타내었다.

제안된 알고리즘에 의한 코 영역의 추출 결과의 일부를 그림 10에 나타내었다. 첫 번째 행의 네 개는 정면 영상에 대한 추출 결과이며, 두 번째 네 개는 우측으로 회전(right rotate)된 영상이며, 세 번째 네 개는 우측으로 패닝(right panning)된 영상이며, 네 번째 네 개는 위쪽으로 틸팅(tilting up)된 영상들에 대한 코 특징 추출의 결과에 대한 예이다.

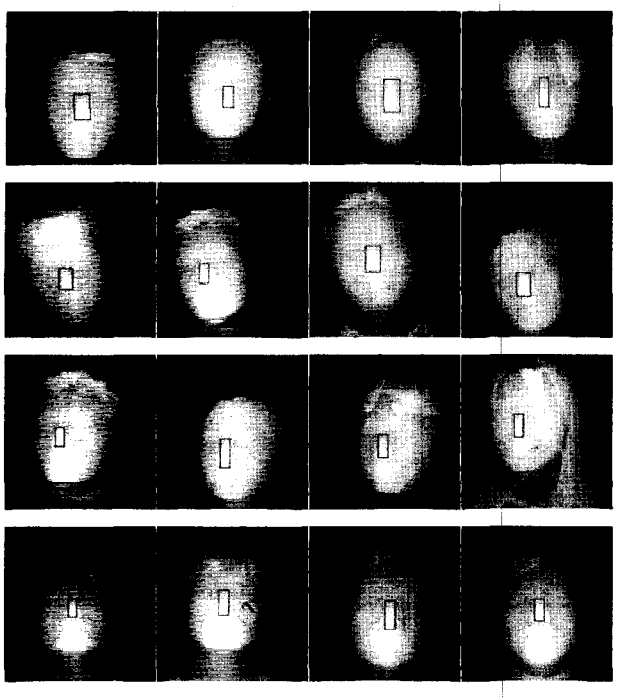


그림 10. 제안된 방법에 의한 코 영역 추출 결과의 예
Fig. 10. Examples from the proposed nose extraction method.

V. 결 론

본 논문에서는 코의 실제 형상과 유사한 코 형상 마스크를 적용하여 특징 기반의 3차원 얼굴 인식에서 가장 중요한 특징이라 할 수 있는 코 특징을 추출하는 알고리즘을 제안하였다. 이를 위해 수직 방향으로 코의 중심을 지나는 코 형상 마스크와 수평 방향으로 코의 형상을 모델링한 마스크를 설계하고 이를 실험에 적용하였다. 이로부터 추출된 코 영역은 정면 영상에 대해 신뢰할 만한 추출 결과를 나타내었으며, 다양한 입력 자세에 대해서도 비교적 정확한 추출이 가능하였다.

추출된 코의 영역을 바탕으로 얼굴의 회전된 정도, 패닝된 정도, 그리고 아래위로 틸팅된 정도를 측정하는 것이 가능하다. 그리고 이렇게 측정된 정보를 바탕으로 얼굴 인식을 위한 얼굴의 정규화 작업이나 눈이나 입과 같은 얼굴의 다른 특징들을 추출하는데 이용이 가능하다.

참 고 문 헌

[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. pp. 204-216, 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] P. Besl and R. Jain. "Three-dimensional object recognition," ACM Computing Surveys, 17:75-145, 1985.

[6] Y. H. Lee, K. W. Park, J. C. Shim, T. H. Yi, "3D Face Recognition using Statistical Multiple Features for the Local Depth Information," VI2003, 2003.

[7] 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.

[8] Y. Liu and J. Palmer. "A Quantified Study of Facial Asymmetry in 3D Faces." Proceedings of IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, in conjunction with the (ICCV '03), 2003.

[9] D. O. Gorodnichy, "On Importance of Nose for Face Tracking," Proc. FG'02, pp. 188-193, 2002.

[10] 3차원 얼굴 스캐너, http://www.4dculture.com/

[11] Minolta, http://www.minolta.com/

[12] Cyberware, http://www.cyberware.com/

저 자 소 개

김 익 동(학생회원)
1997년 안동대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업.
2002년 안동대학교 컴퓨터공학과 석사 졸업.
2002년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과 박사과정 재학 중.
<주관심분야: 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비젼, 생체인식>

심 재 창(평생회원)
1987년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업
1990년 경북대학교 대학원 전자공학 석사 졸업
1993년 경북대학교 대학원 전자공학 박사 졸업
1994년~현재 안동대학교 전자정보산업학부 컴퓨터전공 교수
1997, 1999년 미국 IBM T.J.Watson연구소 연구원
<주관심분야: 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비젼, 생체인식>