

인접 부위의 깊이 차를 이용한 3차원 얼굴 영상의 특징 추출

(Facial Feature Localization from 3D Face Image
using Adjacent Depth Differences)

김익동[†] 심재창^{**}
(Ik-Dong Kim) (Jae-Chang Shim)

요약 본 연구에서는 3차원 얼굴 데이터에서 인접 부위의 깊이 차를 이용하여 얼굴의 주요 특징을 추출해 내는 방법을 제안한다. 인간은 사물의 특정 부분의 깊이 정보를 인식하는데 있어서 인접 부위와의 깊이 정보를 비교하고, 이를 바탕으로 깊이 값에 의한 대조가 두드러진 정도에 따라 상대적으로 깊이가 깊고 얇음을 지각하게 된다. 이런 인식 원리를 얼굴의 특징 추출에 적용하여 간단한 연산 과정을 통해 신뢰성 있고, 빠른 얼굴의 특징 추출이 가능하다. 인접 부위의 깊이 차는 수평방향과 수직방향으로 각각 일정 거리를 둔 지점에서의 두 지점간의 깊이 차로 생성된다. 생성된 수평, 수직 방향으로 인접 깊이 차와 입력된 3차원 얼굴 영상을 분석하여 3차원 얼굴 영상에서 가장 주된 특징이 되는 코 영역을 추출하였다.

키워드 : 3차원 얼굴 인식, 특징 추출, 인접 깊이 차

Abstract This paper describes a new facial feature localization method that uses Adjacent Depth Differences(ADD) in 3D facial surface. In general, human recognize the extent of deepness or shallowness of region relatively, in depth, by comparing the neighboring depth information among regions of an object. The larger the depth difference between regions shows, the easier one can recognize each region. Using this principal, facial feature extraction will be easier, more reliable and speedy. 3D range images are used as input images. And ADD are obtained by differencing two range values, which are separated at a distance coordinate, both in horizontal and vertical directions. ADD and input image are analyzed to extract facial features, then localized a nose region, which is the most prominent feature in 3D facial surface, effectively and accurately.

Key words : 3D face recognition, feature localization, adjacent depth difference

1. 서론

사회 전반에 걸친 개인 정보 보호의 중요성과 더불어 생체인증에 대한 기대와 관심이 확대되고 있는 가운데, 다른 생체 인식 기술에 비해 신체접촉이 적어서 비교적 거부감이 적은 얼굴 인식에 대한 관심이 증가하고 있다. 종래의 얼굴 인식에 대한 접근은 주로 2차원 영상을 활용한 연구[1]가 일반적이었으나, 2차원영상은 조명이나 영상 입력 환경에 따라 입력 영상의 품질 차이가 크다는 단점이 있다. 영상의 품질은 특징 추출 결과에 영향을 미칠 수 있고, 이로 인한 오인식 확률이 증가한다.

이러한 단점으로 인해 3차원 영상을 이용한 얼굴 인식 기술에 대한 연구가 진행되고 있다[2-7].

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 등의 발달로 3차원 입력기[8,9]의 가격이 낮아져서 실용단계에 있다. 본 연구에서는 (주)포디컬쳐[8]의 광삼각방식을 이용한 3차원 얼굴 스캐너를 통해 얼굴영상을 획득하였다. 광삼각원리를 응용한 3차원 깊이정보 생성 방식[10]은 신뢰도 높은 깊이 정보의 추출이 가능하다. 이 스캐너는 레이저 슬릿 빔(slit beam)을 수평 방향으로 주사하는 레이저 프로파일러(profiler)를 위쪽에서 아래쪽으로 이동하면서 프로파일리도 포함된 2D 영상을 3초 간에 걸쳐 180장의 영상을 입력 받는다. 이 때 카메라의

[†] 학생회원 : 안동대학교 컴퓨터공학과
kid7@comeng.andong.ac.kr
^{**} 종신회원 : 안동대학교 컴퓨터공학과 교수
jcshim@andong.ac.kr
논문접수 : 2003년 10월 6일
심사완료 : 2004년 2월 13일

렌즈 앞에 레이저 빔만 통과되는 광학필터가 부착되어 레이저 슬릿 빔에 해당하는 프로파일만 입력된다. 입력된 프로파일 영상에서 잡음을 제거하고, 레이저 프로파일의 중심선을 찾아낸다[11]. 각 프레임으로부터 추출한 중심선들을 하나의 프레임에 병합하여 3차원 영상을 추출해낸다. 이 과정을 통해 가로 및 세로로 320×320의 점군(point cloud) 형태의 3차원 깊이 정보를 가지는 데이터를 생성한다. 깊이 정보를 포함한 3차원 영상은 조명의 변화에 따른 영상 품질의 변화가 거의 없고, 얼굴의 전체 형상에 대한 특징이나 깊이 정보를 활용한 인식이 가능하여 신뢰할 만한 인식 결과를 나타낼 수 있다.

얼굴인식 기법 중 특징 기반 인식의 경우, 추출된 특징의 정확도는 인식 결과에 영향을 미치게 된다[12]. 3차원 얼굴 영상을 이용하여 특징 영역을 찾는 방법으로는 깊이 정보의 가장 높은 지점으로부터 일정한 깊이에 있는 지점들을 선택하여 등고선으로 영역을 분할하고, 이로부터 특징점을 찾는 방법이 있다[3]. 이는 카메라의 패닝(panning)이나 틸팅(tilting)에 의해 잘못된 특징점이 추출될 수 있는 단점이 있다. 또 얼굴 영역의 검출이 선행되지 않으면 머리카락이나 다른 주변 특징들에 의해 잘못된 특징점이 추출 될 수 있다. 3차원 데이터로부터 x 축 방향으로 최대 높이 값을 가지는 지점과 y 축으로 최대 높이 값을 가지는 지점을 코끝으로 찾는 방법 [5]은 알고리즘이 단순하지만 회전된 얼굴에 대해 정확한 특징 추출이 어렵다. 또 다른 방법으로 얼굴 표면의 곡률 정보를 이용한 연구가 진행 되었다[2,4,6,7,12-14]. Lee와 Milos[2]는 얼굴의 각 점에서 평균 곡률과 가우시안 곡률의 부호를 바탕으로 얼굴의 볼록한 부분을 추출하였으며, Gordon[6]은 깊이정보와 곡률 특성을 이용하였다. 눈과 코의 기하학적인 크기와 함께 최대 가우시안 곡률과 코끝과 콧등의 평균 최소 곡률을 함께 이용하여 코 특징을 추출하고 이 특징들을 얼굴 인식에 사용하였다. 그러나 이들 방식은 정확한 곡률 계산을 위해 전처리 과정에서 다량의 평활화 작업과 부동 소수형 자료 처리를 위해 다량의 기억 공간과 많은 연산을 필요로 한다.

본 연구에서는 정확하며 빠른 3차원 얼굴의 특징추출 방법을 제안한다. 3차원 얼굴 영상의 정규화와 얼굴 인식에 사용될 특징 추출을 위해 얼굴의 각 지역적인 특징에 대해 인접 부위의 깊이 차를 분석하여 추출하는 방법을 제안하고, 실험 영상에 대해 제안된 알고리즘을 적용한다.

2. 인접 부위 깊이 차를 이용한 특징 추출

2차원 명암도 영상의 질감 분석에는 변위 벡터 $d=$

(dx, dy) 만큼 인접한 지점의 명암도를 서로 비교해서 전체 영상의 질감을 분석하는 것이 가능하였다[15,16]. 그러나 명암도 영상의 경우 조명에 따른 영상의 변화가 심하기 때문에 목적에 따라 활용도가 제한적이다. 이를 조명의 변화에 영향이 거의 없는 3차원 영상에 적용함으로써 효과적인 영상의 특징 분석이 가능하다.

일반적으로 인간은 명암도 영상으로부터 물체의 영역을 분할하는데 있어서 영역간의 대조가 뚜렷할수록 분할 능력이 우수해진다. 이와 비슷하게 깊이 정보를 가진 3차원 물체의 영역을 분할하는데 있어서 인접 부위와의 깊이 차가 클수록 깊이 차에 의한 영역 분할 능력이 뛰어나다. 3차원 얼굴 영상에서 코, 입, 눈 등의 주요 특징들은 깊이 정보에 있어서 주변 지역 특징들과 차이를 나타낸다. 3차원 얼굴 영상의 경우 코의 수평 방향으로 콧등과 코의 좌우 경사면과 뺨이 맞닿는 부분의 깊이 차가 두드러진다. 이는 콧등을 더욱 높이 두드러지게 하는 역할을 한다. 한편, 수직 방향으로 코 끝(nose tip)과 코 밑(nose base) 부분의 깊이 차가 가장 두드러진다. 이는 코끝을 더욱 높이 두드러지게 하는 역할을 한다.

3차원 영상의 인접 깊이 차를 이용한 분석에 있어서는 깊이 정보를 그대로 사용하는 것보다 변위가 $d=(dx,dy)$ 인 인접 부분과의 깊이 차를 계산하여 이 차 영상을 분석하는 것이 효과적이다. 그림 1의 (a)영상은 사각 블록에 대한 3차원 영상이다. 이 영상으로부터 인접 부위의 깊이 차를 사용하여 블록 영역을 추출하는 예를 설명한다.

입력된 3차원 블록 영상으로부터 x 축과 y 축 방향으로 각각 깊이 차 벡터를 생성한다. 먼저, 입력된 영상으로부터 식 (1)에 의해 x, y 축으로 각각 변위 dx, dy 만큼 떨어진 지점의 깊이 차 영상 d_z 를 계산한다.

$$d_z(x, y) = |z(x, y) - z(x + dx, y + dy)| \quad (1)$$

그림 2는 $dx=1$, 그리고 $dy=1$ 인 경우에 대해 식 (1)을 적용하고, 차가 1보다 큰 지점에 대한 결과 영상의 벡터들을 나타낸 것이다.

그림 3은 차 영상으로부터 블록 영역을 추출하기 위해 그림 2의 영상에 대해 임계값 15를 적용한 후의 이진영상이다. 깊이 차 분석을 통해 블록의 영역을 잘 구분해 주는 것을 알 수 있다.

3. 인접 부위의 깊이 차를 이용한 3차원 얼굴의 특징 추출

3차원 얼굴 인식에 있어서 얼굴의 주요한 특징이 되는 눈, 코, 그리고 입의 특징을 정확하게 추출해냄으로써 얼굴 인식의 성능을 향상시키는 것이 가능하다. 2장

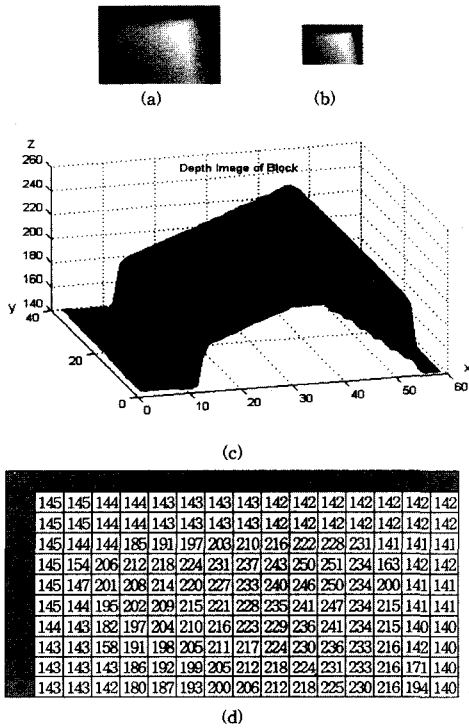


그림 1 사자 블록의 3차원 영상; (a) 원 영상, (b) (a)의 1/4 영상, (c) 밀면으로부터 정면으로 본 (a)의 3차원 영상, (d)영상의 화소 값

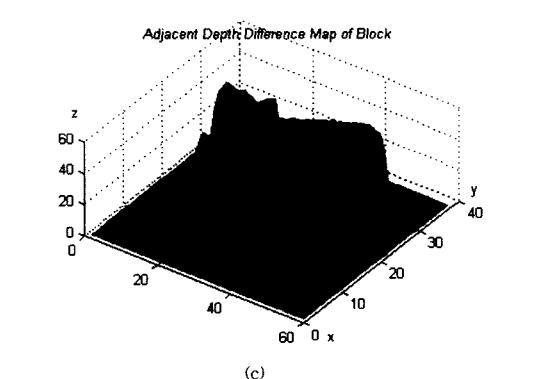
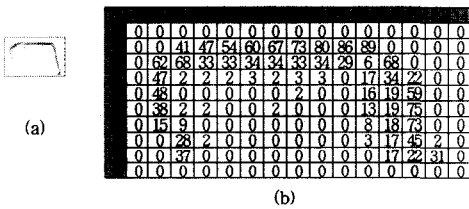


그림 2 그림 1에 수식 1을 적용한 결과; (a) 차 영상을 반전시킨 영상, (b) 그림 1의 (b)에 식 1을 적용한 결과, (c) (b)의 3차원 영상

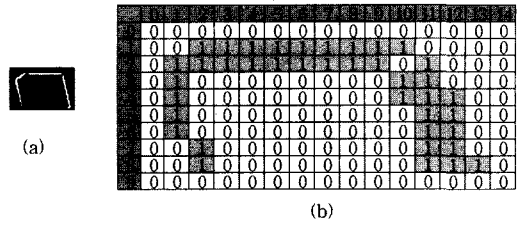
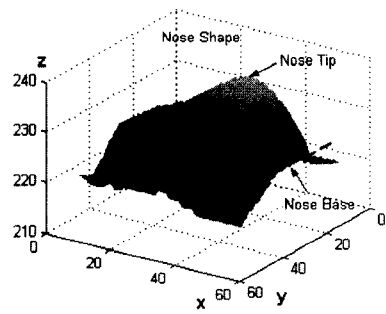


그림 3 그림 2에 대한 이진 영상; (a) 이진 영상, (b) (a)의 화소 값

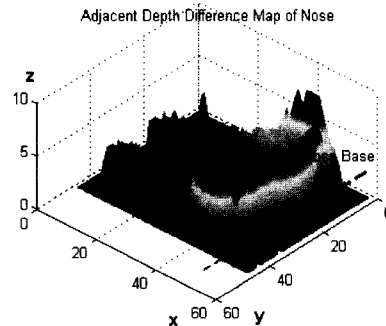
에서 제안한 3차원 영상의 인접 지역 간의 깊이 차를 분석하는 방법으로 얼굴의 주요 특징 중, 기능 두드러진 특징이라 할 수 있는 코 영역을 추출해 내고자 한다.

3.1 얼굴의 특징 추출 과정

명암도 영상에 대한 동시발생 행렬은 영상의 질감 분석을 위한 좋은 도구가 된다. 그러나 이 방법은 명암도가 전체 영상에 균일하지 못한 경우에는 좋은 결과를 나타내지 못하게 된다. 반면에, 그림 4의 (a)와 같이 3차원 얼굴 영상은 조명의 영향을 받지 않으므로 그림 4의 (b)와 같이 인접한 부위의 깊이 차이 분석을 통한 특징 추출이 신뢰도 높은 결과를 나타낼 수 있다.



(a) 코 형상의 3차원 영상



(b) 인접 부위와의 깊이 차에 의한 영상

그림 4 코의 기하학적 특징

인접 부위의 깊이 분석에 따른 얼굴의 특징 추출은 그림 5와 같은 과정을 따른다.

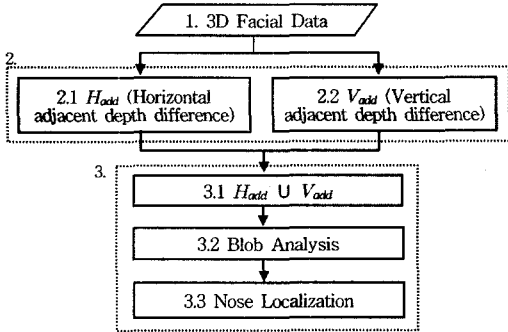


그림 5 깊이 차 정보에 의한 얼굴특징 추출 과정

먼저, 3차원 영상 스캐너를 사용하여 조명의 영향을 거의 받지 않는 깊이 정보로 구성된 3차원 얼굴 영상을 입력받는다.

3.2. 인접 부위와의 깊이 차 영상 생성

입력된 3차원 얼굴 영상 $z(x, y)$ 로부터 x 축과 y 축 방향으로 $d=(dx, dy)$ 인접한 화소의 상호 깊이 차 벡터를 생성한다. 먼저, 입력된 3차원 얼굴 영상에서 x 축으로 변위 $d=(dx, 0)$ 인 지점과의 깊이 차 영상 H_{add} 를 생성한다.

$$H_{add}(x, y) = |z(x, y) - z(x + dx, y)| \quad (2)$$

다음으로, 수직 방향으로 코의 모양과 비슷한 특징을 추출해 낸다. 이를 위해 입력 영상 z 로부터 y 축으로 변위 $d=(0, dy)$ 인 지점과의 깊이 차 영상 V_{add} 를 생성한다.

$$V_{add}(x, y) = |z(x, y) - z(x, y + dy)| \quad (3)$$

3.3 코 영역 추출

인체 측정학적으로 코의 형상은 코의 주변 특징들과 비교해 볼 때, 얼굴에서 가장 높은 부분이 되며, 다른 특징에 비해 깊이 값이 두드러진다. 이러한 특징은 특히 콧과 코의 경사면이 만나는 부분과 콧방울(鼻翼)과 볼이 만나는 부분, 그리고 코 밑 부분과 코끝이 만나는 부분에서 깊이 차가 두드러지며, 이로 인해 코의 윤곽을 찾아내기가 쉽다. 정면에서 볼 때 코와 인접 부분이 접하는 영역은 그림 6과 같은 모양을 나타낸다. 3.2에서 생성된 H_{add} 와 V_{add} 로부터 그림 6과 같은 코의 영역을 추출해 낸다.

먼저, H_{add} 로부터 수평 방향으로 코의 모양과 비슷한 특징을 추출해 낸다. 이를 위해 H_{add} 을 수평 방향으로 코의 위치를 두드러지게 하는 높이 값으로 이진화한다. 이렇게 이진화된 영상 HB_{add} 는 많은 잡음 영역을 포함하므로 식 (4)의 형태 처리 연산을 통해 잡음을 제거한다.



그림 6 코 주변 마스크

$$HM_{add}(x, y) = (HB_{add}(x, y) \ominus S(x', y')) \oplus S(x', y') \quad (4)$$

HB_{add} 는 H_{add} 의 이진화된 영상을 나타내며, HM_{add} 는 HB_{add} 의 형태처리 연산 후의 영상이다. 생성된 HM_{add} 를 영역 분석 과정을 통하여 수평 방향으로 코의 특징과 유사한 후보 영역 CH_{Nose} 들을 표 1의 범위 값을 기준으로 추출해 낸다.

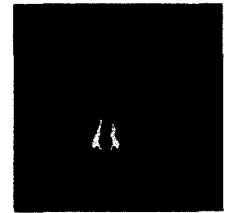
표 1 변위 $d=(dx, 0)$ 일 때 코 영역(CH_{Nose})의 범위

		7	20
		100	.
		35	.
		100	1000

그림 7은 수평 방향으로 인접 부분 깊이 차 분석에 의한 코의 후보 영역이다. (a)는 변위 $dx=3$ 으로 하여 식 (4)를 적용한 결과이며, (b)의 중앙의 밝은 영역들은 표 1을 적용한 후의 코 후보 영역이다.



(a) HM_{add} 영상



(b) 코 후보 영역(CH_{Nose})

그림 7 수평 방향의 거리 벡터 추출 후의 코 후보 영역

다음으로, 수직 방향으로 코의 모양과 비슷한 특징을 추출해 낸다. V_{add} 을 수직 방향으로 코의 위치를 두드러지게 하는 높이 값으로 이진화한다. 이렇게 이진화된 영상 VB_{add} 는 역시 많은 잡음 영역을 포함하므로 식 (5)의 형태 처리 연산을 통해 잡음을 제거한다.

$$VM_{add}(x, y) = (V_{add}(x, y) \ominus S(x', y')) \oplus S(x', y') \quad (5)$$

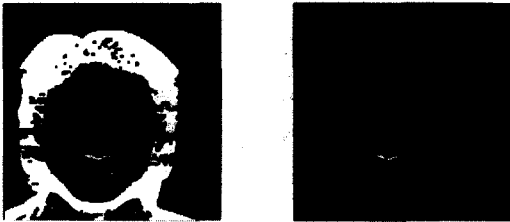
VB_{add} 는 V_{add} 의 이진화 된 영상을 나타내며, VM_{add} 는 VB_{add} 의 형태처리 연산 후의 영상이다. 생성된 VM_{add} 를 영역 분석 과정을 통하여 수직 방향으로 코의 특징

과 유사한 후보 영역 C_{VNose} 들을 표 2의 범위 값으로 추출해 낸다.

표 2 변위 $d=(0,dy)$ 일 때 코 영역(C_{VNose})의 범위

Parameter	Min	Max
Face Size	5	12
Face Area	300	.
Face Area	40	.
Nose Area	100	2000

그림 8은 수직 방향으로 인접 부분 깊이 차 분석에 의한 코의 후보 영역이다. (a)는 변위 $dy=3$ 으로 하여 식 (4)를 적용한 결과이며, (b)의 중앙의 밝은 영역들을 표 2를 적용한 후의 코 후보 영역이다.



(a) VM_{add} 영상 (b) 코 후보 영역(C_{VNose})

그림 8 수직 방향의 거리 벡터 추출 후의 코 후보 영역

추출된 C_{HNose} 와 C_{VNose} 로부터 최종 코 영역을 추출해 낸다. C_{HNose} 와 C_{VNose} 를 병합하고, 레이블링 연산을 수행한 후, 후보 영역들을 분석함으로써 최종적으로 코 영역을 추출해 낸다.

$$C_{Nose} = C_{HNose} \cup C_{VNose} \quad (6)$$

일반적으로 얼굴 부위 중, 인접 부위와의 깊이 차가 가장 큰 부분은 코끝과 코밑 부분이다. 따라서 후보 영역들 중, 영역의 최대 높이가 코의 높이 범위에 속하는 영역을 코 영역으로 선택한다.

$$MD = \max(\max(C_1(x,y)), \dots, \max(C_i(x,y)), \dots, \max(C_n(x,y))) \quad (7)$$

MD 는 전체 후보 영역 중, 최대 깊이 차를 나타내며 C_i 는 C_{Nose} 의 $i, i=1, \dots, n$, 번째 후보 영역을 나타낸다.

$$F_{Nose} = C_i, i_f (MD = \max(C_i(x,y))) \quad (8)$$

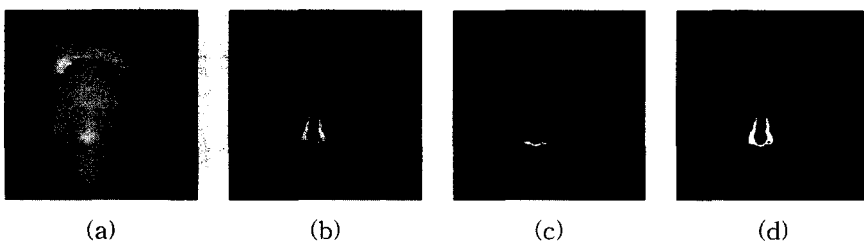
F_{Nose} 는 최종적으로 추출된 코 영역을 나타낸다. 그림 9는 제안된 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과를 각 단계별로 나타낸 것이다.

4. 실험 및 고찰

실험에 사용된 3차원 깊이 데이터의 입력을 위해서는 레이저 빛에 의한 광삼각 원리를 이용한 (주)포디컬처 [8]의 3차원 스캐너를 사용하였다. 스캐너에 의해 입력된 영상은 320×320 크기의 깊이 정보로 구성되어 있다. 자료의 형태는 부동 소수점 형태이며 점군(point cloud)을 이루고 있으나, 본 연구에서는 처리 속도를 높이기 위해 320×320 크기의 정수 영상으로 변환하여 사용하였다. 안경을 착용하지 않은 남·여 전체 37명에 대한 정면(frontal), 좌·우 회전(rotate), 좌·우 패닝(panning), 아래·위 틸팅(tilting) 등 일곱 가지 자세에 대해 전체 259개의 영상에 대해 실험하였다. 좌·우 회전(rotate), 좌·우 패닝(panning), 아래·위 틸팅(tilting)은 각각 $10^\circ \sim 15^\circ$ 정도 기울어진 상태에서 입력된 영상들이다. 얼굴과 카메라와의 거리는 1.0m~1.2m의 거리를 두고 측정되었다. 데이터의 입력 과정에서는 자연스러운 헤어스타일을 그대로 유지하였다.

실험은 Intel Pentium III 800MHz의 CPU를 탑재한 시스템에서 수행하였으며, Microsoft Visual C++ 6.0 컴파일러를 사용하여 구현하였다. 본 실험을 위해 별도의 얼굴 영역 분할 작업은 수행하지 않았다.

입력된 영상은 먼저 x 축 방향으로 인접 부위의 깊이 차를 계산하였다. 생성된 깊이 차에 의한 영상은 깊이 차가 3보다 작은 부분은 제거하고 남은 부분에 대해 오픈닝(opening) 형태처리 연산을 수행함으로써 잡음을 효과적으로 제거하였다. 그리고 표 1의 범위 값을 사용하여 x 축 방향에 대한 코 특징 후보들을 추출하였다. 다음 y 축 방향으로 인접 부위의 깊이 차를 계산하였다. 생



(a) (b) (c) (d)

그림 9 각 단계별 코 영역의 추출 결과; (a) 원 영상, (b) 수평 방향의 코 후보 영역(C_{HNose}), (c) 수직 방향의 코 후보 영역(C_{VNose}) (d) 코 영역(F_{Nose})

성된 깊이 차에 의한 영상은 역시 깊이 차가 3보다 작은 부분은 제거하고 남은 부분에 대해 오픈닝(opening) 형태처리 연산을 수행함으로써 잡음을 제거하였다. 그리고 표 2의 범위 값을 사용하여 y축 방향에 대한 코 특징 후보들을 추출하였다. 이 두 영역을 병합한 영상으로부터 깊이 차가 가장 큰 것을 포함하는 영역을 코 영역으로 추출하였다. 깊이 차 생성을 위한 변위의 초기 값은 3차원 물체의 특성을 고려하여 임의로 지정하며, 생성된 차 영상으로부터 만족하는 특성을 찾지 못할 경우, 변위 벡터를 반복적으로 증가 또는 감소시키면서 특징을 해석함으로써 가변적인 해석이 가능하다. 변위 값이 작으면 인접 부위와의 깊이 차가 뚜렷하지 않게 되며, 반대로 변위 값이 커지면 깊이 차가 두드러지는 반면 특징 영역의 경계가 모호해져서 정확한 영역의 결정이 어렵게 되는 단점이 있다. 실험에서는 얼굴 영역의 특징 추출을 위한 변위 dx 와 dy 는 각각 3을 초기 값으로 하였다.

그림 10은 본 시스템의 구현 프로그램과 제안된 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과를 나타낸 것이다.

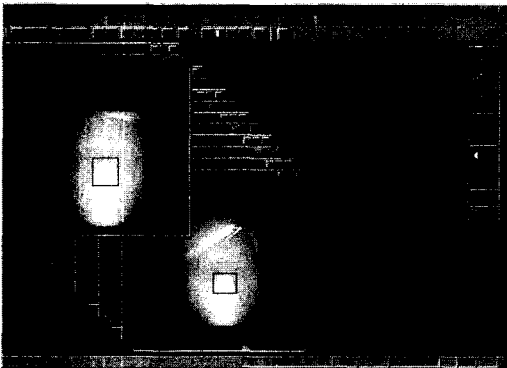


그림 10 구현 화면과 실험 결과

표 3은 제안된 알고리즘에 의한 코 영역의 추출 결과를 나타낸 것이다. 실험 결과 3차원 영상에서 인접 부위와의 깊이 차 정보를 해석함으로써 37명에 대해 모두 신뢰성 있게 코 영역을 추출하였다. 또한 패닝된 영상에서 특정 영역 추출이 잘못된 경우가 비교적 많으나 회전된 영상에 대해서도 제안한 알고리즘에 의한 영역 추출이 가능함을 알 수 있다. *frontal*은 정면영상, *left rotation*은 왼쪽으로 회전된 영상, *right rotation*은 오른쪽으로 회전된 영상, *left panning*은 왼쪽으로 패닝된 영상, *right panning*은 오른쪽으로 패닝된 영상, *tilting up*은 위쪽으로 틸팅된 영상, 그리고 *tilting down*은 아래쪽으로 틸팅된 영상을 나타낸다. 추출 결과에서 *full*은 코 영역을 정확히 찾은 경우, *part*는 코 영역을 부분적으로 찾은 경우, *with other*는 다른 영역과 함께 코 영역을 찾은 경우, 그리고 *error*는 영역 추출이 잘못된 경우의 수를 각각 나타낸다.

추출된 코 영역은 실제 코 영역과의 일치 정도에 따라 다시 *full*, *part*, *with other*의 세 단계로 구분하였다. *full*은 정확히 코 영역만을 추출한 경우이며, *part*는 코의 일부 영역만을 추출한 경우, 그리고 *with other*는 코 영역과 다른 주변 영역을 일부 포함하여 추출된 경우를 말한다. *part*와 *with other*의 경우는 주로 정면 영상이 아닌 경우에서 발생하며, 각 영역은 얼굴 인식을 위한 처리 과정에서 서로 다른 형태의 처리 방법을 필요로 한다. 그림 11은 각 경우에 대한 예를 나타낸다.

실험에서는 전체 영상에 대해 동일한 코 영역 범위 값을 적용하고 있으나 회전된 영상에 대해 초기 변위값과 범위 값 지정을 달리함으로써 영역 추출 결과를 개선할 수 있다. 그림 12는 제안된 알고리즘에 의한 실험 결과와 등고선 영역 중 최고 지점을 코의 영역으로 추출한 실험의 결과를 비교한 것이다. 단순히 등고선 영역에 의한 최고점의 위치를 코의 영역으로 추출한 실험에 비해

표 3 제안된 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과

	sample	category				correct(%)	
		full	part	with other	error	error(%)	
frontal	37	36	1	0	0	100	0
left rotation	37	29	8	0	0	91.9	
right rotation	37	12	12	7	6		8.1
left panning	37	19	6	2	10	74.3	
right panning	37	15	10	3	9		25.7
tilting up	37	19	6	11	1	98.6	
tilting down	37	25	4	8	0		1.4
total	259	155	47	31	26	90.0	10.0
ratio(%)	-	59.9	18.1	12.0	10.0	90.0	10.0

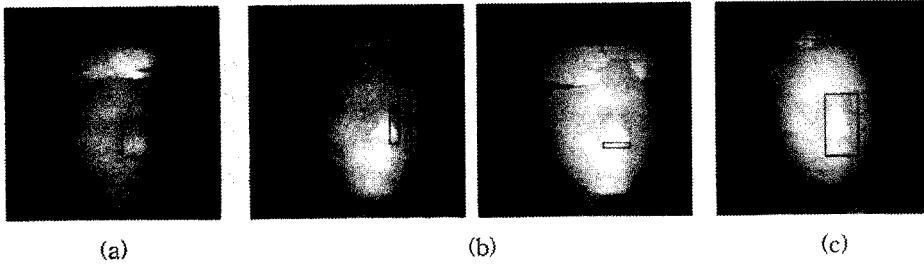


그림 11 추출 영역의 일치도에 따른 구분의 예; (a) full, (b) part, (c) with other

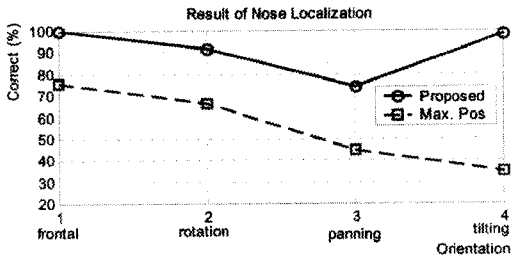


그림 12 제안된 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과와 최고 높이 값의 위치를 코 위치로 추출한 결과의 비교

나은 결과를 나타내었으며, 얼굴의 회전된 정도에 따른 두 실험의 결과 비교에서도 나은 결과를 나타내었다.

다음 그림은 제안된 알고리즘에 의한 코 영역 추출 결과의 일부분이다. 그림 13은 정면 영상에 대한 추출 결과이며, 그림 14는 회전된 영상에 대한 추출 결과를 나타낸 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 3차원 영상의 특징을 추출하기 위해 인접 부위의 깊이 차를 분석하는 방법을 제안하였다. 2차원 영상의 경우 명암도에 의한 대조가 뚜렷할수록 영역 분할 능력이 우수해 지는 것처럼, 3차원 깊이 정보로부터 영역을 분할하는데 있어서는 영역간의 깊이 정보에 의한 대조가 뚜렷할수록 영역 분할이 쉬워진다. 2차원 영상의 경우 인접 부위와의 동시발생 행렬을 분석함

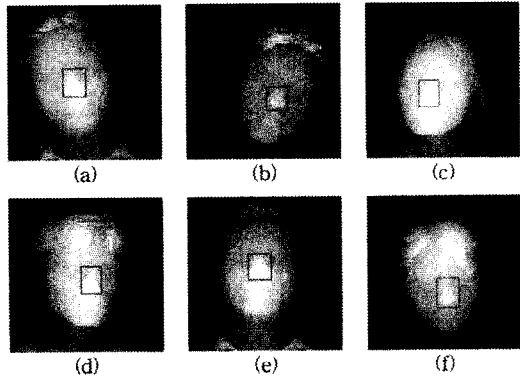


그림 14 회전된 영상에 대한 코 영역 추출 결과 예; (a) 우측 회전, (b) 좌측 회전, (c) 우측 패닝, (d) 좌측 패닝, (e) 위쪽 틸팅, (f) 아래쪽 틸팅

으로써 영상의 절감을 효과적으로 분석하는 것이 가능하였다. 그러나 2차원 영상의 경우 조명의 변화에 따른 영상 품질의 변화가 심하므로 모든 경우에 효과적이지는 않다. 3차원 영상은 조명의 변화를 고려하지 않아도 되므로, 인접 부위와의 깊이 차를 분석하는 것이 특징 추출에 효과적임을 본 연구에서 제안하였으며, 얼굴 영상을 대상으로 코 영역 추출을 실험하였다. 간단한 연산 과정을 통해 알고리즘의 수행이 가능하며, 신뢰도 높은 결과를 나타내었다. 37명의 실험 데이터에 대해 정면 영상의 경우 정확한 코의 위치 추출이 가능하였으며, 회전된 영상에서도 제안된 알고리즘의 적용이 가능함을 알 수 있었다.

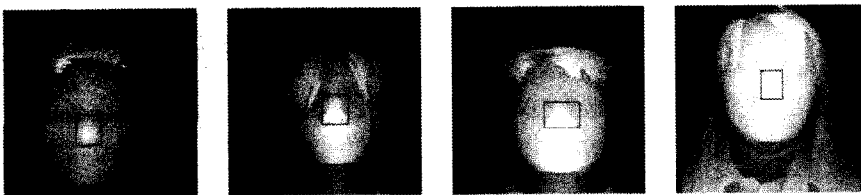


그림 13 정면 영상에 대한 코 영역 추출 결과 예

본 연구는 3차원 얼굴 인식에서 얼굴의 주요 특징이 되는 코 영역을 추출에 적합하며, 기타 눈 또는 입 영역의 특징 추출에도 적용해 보고자 한다.

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] J. C. Lee and E. Milios, "Matching range image of human faces," *Third International Conference on Computer Vision*, pp. 722-726, 1990.
- [3] 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.
- [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] G. Gordon, "Face Recognition based on depth maps and surface curvature," *SPIE Geometric methods in Computer Vision, San Diego*, vol. 1570, 1991.
- [7] H. T. Tanaka, M. Ikeda and Hchiaki, "Curvature-based face surface recognition using spherical correlation," *Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 372-377, 1998.
- [8] 얼굴스캐너, <http://www.4dculture.com/>
- [9] Cyberware, <http://www.cyberware.com/>
- [10] Adam D. Tibbalds, "Three Dimensional Human Face Acquisition for Recognition," Ph. D. Thesis, University of Cambridge, UK, March 1998.
- [11] Markus Becker. "Signal processing for reduction of speckles in light stripe systems," *SPIE Proceedings*, Vol. 2598, pp.191-199, 1995.
- [12] A. Nikolaidis and I. Pitas, "Facial feature extraction and determination of pose," *Pattern Recognition*, vol.33, pp. 1783-1791, 2000.
- [13] P. W. Hallinan, G. Gordon, A. L. Yuille, P. Giblin, D. Mumford, *Two-and Three-Dimensional Patterns of the Face*, A. K. Peters, 1999.
- [14] P. Besl and R. Jain. "Three-dimensional object recognition," *ACM Computing Surveys*, 17:75-145, 1985.
- [15] I. Pitas, *Digital Image Processing Algorithms and Application*, Wiley Inter-Science, pp. 306, 2000.
- [16] Haralick, R. M., K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural features for image classification," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*,

pp. 610-621, 1973.



김익동

1997년 안동대학교 컴퓨터공학과(학사)
2002년 안동대학교 컴퓨터공학과(석사)
2002년~현재 안동대학교 컴퓨터공학과(박사과정). 관심분야는 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 생체인식



심재창

1987년 경북대학교 전자공학과(학사)
1990년 경북대학교 대학원 전자공학(석사). 1993년 경북대학교 대학원 전자공학(박사). 1994년~현재 안동대학교 컴퓨터 전공 교수. 1997년~1999년 미국 IBM T.J.Watson연구소 연구원. 관심분야는 영상처리, 패턴인식, 컴퓨터비전, 생체인식