

## 코 정보를 이용한 3차원 얼굴 인식

이 영 학\* , 심 재 창\*\* , 이 태 홍\*

\* : 영남대학교 , \*\* : 안동대학교

## 3D Face Recognition using Nose Information

Yeunghak Lee\* , Jaechang Shim\*\* , Taihong Yi\*

\* Department of Electronic Engineering, Yeungnam University

E-mail : yhlee@lily.ee.yeungnam.ac.kr

\*\* Department of Computer Engineering, Andong University

E-mail : jcshim@andong.ac.kr

\* Department of Electronic Engineering, Yeungnam University

E-mail : taehong@yucc.yeungnam.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 3D 레이저 스캐너로 입력된 3차원 얼굴 영상에서 코의 특징 정보를 이용하여 얼굴을 인식하는 알고리즘을 제안하였다. 특히 3차원 영상은 주변의 조명 변화에 크게 영향을 받지 않는 장점이 있다. 이러한 정보를 이용하여, 제안된 알고리즘에서는 얼굴에서 가장 두드러지게 보이는 코의 3차원 정보를 이용하여 인식하는 알고리즘을 제안한다.

먼저 코를 추출한 다음, 회전된 3차원 영상에 대하여 정규화를 실시하고, 등고선을 이용한 영역기반의 방법과 특징기반의 방법을 이용하여 인식을 수행한다. 등고선을 이용한 영역기반은 3차원 얼굴 영상을 코끝의 좌표를 기준 점으로 등고선의 값이 10, 20, 30이 되는 영역을 추출 한 후 데이터 베이스 값들과 비교하여 각각의 차 영역에 대한 무게중심(X, Y), 픽셀 수, 분산을 구하여 순위가 가장 높은 것을 취한다. 특징 기반의 방법으로, 얼굴에 있어서의 실제의 코의 길이, 높이, 너비를 구하여 그 차가 가장 적은 것을 취한다. 위의 2가지 방법을 이용하여 인식을 수행 결과 100%의 인식률을 나타내었다.

### 1. 서론

오늘날 우리가 사용하고 있는 컴퓨팅 환경은 보다 지능적인 인터페이스와 멀티미디어의 발달로 인하여 사용자 중심으로 변화되고 있다. 이와 더불어 사용자가 원

하는 일을 수행하기 위하여 자동으로 사용자임을 인식하기 위해 사용자가 가지고 있는 생체 정보 - 홍채, 지문, 정맥, 얼굴 등을 이용한 사용자 확인 혹은 인식 방법을 많이 연구하고 있다[1]. 생체 인식은 학습과정에서 개인의 특징을 추출하여 데이터 베이스에 미리 저장하고, 인식과정에서 입력된 데이터로부터 특징을 추출하고 이를 비교하여 사용자를 식별한다. 특히 생체인식에서 얼굴 인식은 외부의 조명에 의한 영향이 커서 실제 적용의 어려움을 갖고 있다. 반면 3차원 레이저 스캐너에 의한 3차원 얼굴 영상은 조명에 거의 영향을 받지 않는 특징을 가지고 있다.

일반적으로 얼굴을 인식하는 방법은 크게 영역 기반과 특징 기반 2가지로 분류할 수 있다[2-5]. 특히, 3차원 얼굴 영상은 데이터를 획득할 때 가장 민감하게 반응되는 조명의 변화에 크게 영향을 받지 않으며, 얼굴과 카메라까지의 거리 차에 따라 생기는 scaling 효과도 매우 적다[2]. 3차원 얼굴 영상은 깊이 값을 가지고 있기 때문에 그 값을 이용함으로써 얼굴에서 가장 두드러지게 나타나는 코끝을 쉽게 찾을 수 있다. 학습과정에서, 코끝을 중심으로 등고선을 이용한 영역 데이터들을 획득하고, 코에 대한 길이, 너비, 그리고 높이 정보를 계산한다. 인식과정에서 입력 데이터로부터 추출된 특징 값들과 데이터 베이스에의 3차원 얼굴 영상에 대한 특징 값들을 비교하여 인식을 수행한다.

얼굴에서 코끝에 해당하는 최고점을 찾는 단계를 2장에서 설명한다. 등고선을 이용한 영역 기반의 특징 값과 특징 기반의 특징 값 추출을 3장, 4장에서 설명한다. 인식 실험 결과를 5장에서 보여준다.

## 2. 최고점 찾기

일반적으로 사람의 얼굴은 전체적으로 곡선으로 이루어져 있으며 크게 눈(좌, 우), 코 그리고 입의 3가지 부위로 나눌 수 있다. 그림 1 (a)는 3D 레이저 스캐너에 의해 획득된 3차원 얼굴 영상에 대한 좌표(X, Y, Z)를 나타내었다. 그림 1 (b)는 3차원 얼굴 영상을 옆으로 회전 시켜서 본 모습이다. 그림 1 (b)에서 나타내는 것처럼 얼굴에서 가장 두드러지게 나타나는 부분이 Z축에 대하여 최고점이 코끝이라는 것을 알 수 있다. 그래서 코의 끝 부분은 얼굴의 중심 부위에서 정면을 향한 얼굴에서는 가장 높은 값을 가진다.



(a) 3차원 좌표 (b) 옆에서 본 모습  
그림 1. 3차원 얼굴 영상

코의 끝 위치를 찾는 방법은 중심에 가중치를 주고 면적을 계속 소거해 나가는 반복적인 소거 방법을 이용하였다. 최종적으로 소거해야할 영역이 없게 되면 이때 최고 값을 구한다. 이러한 최고 값은 여러 곳에 여러 개의 픽셀들이 있으므로 정규화를 시켜주기 위하여 최고 값들의 좌표에 대한 무게중심을 구하여 최종적으로 최고점(MAX(X, Y))을 결정한다. 간략한 알고리즘은 아래와 같다.

```
While(){
    if img[i] > 0 then
        평균을 구함 - pixel 개수 카운트
        if avg >= img[i] then
            img[i]=0
        if 카운트 = 0 then
            loop 종료
    }
```

## 3. 등고선을 이용한 영역 추출

영역 추출에서 가장 문제가 되는 것은 머리카락에 의한 영향이다. 이것은 엉뚱한 데이터를 초래 할 수 있기 때문에 영역 추출 전에 전처리로서 머리카락 부분을 먼저 제거한다. 머리카락은 얼굴과 경계되어지는 부분이

며 이 부분에서 데이터가 급격하게 변화하는 특징을 이용하였다. 최고점의 수평좌표(Y좌표) 이상부분에서 데이터의 크기 변화가 급격하게 일어나는 지점 이후부분을 제거한다. Z값의 일정 높이 이상을 나타내는 등고선의 값이 입력되면 아래 식 1을 이용하여 2진 영상을 얻는다. 얼굴의 형태에 따라서 코 주변 이외의 부분이 포함 될 수 있다. 그래서 이를 제거하기 위하여 먼저 영역에 대한 레이블링 작업을 하고, 각각의 레이블링 영역에 대한 면적을 구하여 가장 큰 면적을 가진 레이블만을 취하면 해당된 등고선 값에 대한 영역이 구해진다. 등고선의 값의 결정은 실험을 통하여 대, 중, 소의 면적이 되도록 10, 20, 30으로 결정하였다. 결과 값들은 각각 Area10, Area20, Area30 이다.

$$img[i] = \begin{cases} 1 & img[i] \geq \max - CV \\ 0 & img[i] < \max - CV \end{cases} \quad (1)$$

(여기서, CV는 등고선 값, max는 최고점의 값.)

## 4. 특징 기반을 이용한 특징 값 추출

3차원 얼굴 형상을 이용하여 얼굴에서의 특징 점들을 그림 2 에 나타내었으며 사용되어진 용어는 다음과 같이 정의하였다.

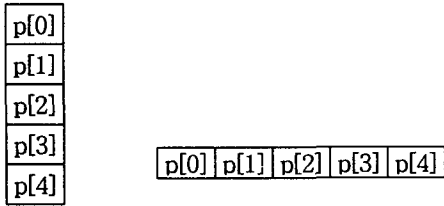
- i) 미간 점(Nose Bridge) : NB1(x,y)  
코끝과 이마사이에서 가장 낮은 점.
- ii) 코 길이(Nose Length) : NL  
코끝에서 미간 점까지 거리.
- iii) 코밑 점(Nose Base) : NB2(x,y)  
코끝에서 턱 방향으로 내려갈 때 데이터 값이 처음으로 가장 작게 되는 부분
- iv) 코 높이(Nose Depth) : ND  
코끝과 코밑 지점사이의 데이터 값의 차.
- v) 코 너비(Nose Width) : NW  
코끝을 시작으로 좌우로 탐색하여 값이 가장 작게 되었다가 증가하는 지점 사이의 거리.



그림 2. 얼굴 특징들에 대한 정의

얼굴은 전체적으로 곡선들로 이루어져 있다[2][6]. 그리고 여기서 구하고자 하는 특징 값들은, 공통적으로, 곡선에서 보면 오목하게 되어지는 특징을 가지고 있다. 그리고 위치의 공정성과 사람에 따라서 이러한 성분이 달리 나타날 수도 있으므로 그림 3에서처럼 가로 창(1x5) 과 세로 창(5x1)의 평균값을 이용하여 위치에 대한 신뢰도를 높였다. 코끝에서 이마로 갈수록 코의 높이가 낮아지다가, 눈의 미간 부분에서 최저점을 나타내며, 다시 미간에서 이마로 올라가면 증가 혹은 평면인 것이 대부분이다. 여기서는 위치정보를 찾기 위하여 아래와 같은 우선 순위를 적용하였다.

- 가) 창의 값이 모두 같으면 그 중간 점 p[2]을 최저점으로 간주한다.
- 나) p[1]이 p[0]보다 값이 크고, p[0]이 p[4]와 같지 않고, 평균이 p[2]와 같을 경우 p[2]를 최저점으로 간주한다.
- 다) 평균이 윈도우의 중간값보다 크고, p[0]와 p[2]가 같지 않을 경우 p[0]을 최저점으로 간주한다



(a) 수직에 대한 창 (b) 수평에 대한 창  
그림 3. 사용된 윈도우

1) 코 길이

$$l_1 = MAX(x, y) - NB1(x, y) \quad (2-1)$$

$$l_2 = NB1_y - MAX_x \quad (2-2)$$

$$NL = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} \quad (2-3)$$

여기서, MAX<sub>y</sub>는 코끝에서의 Y좌표값,  
NB1<sub>y</sub>는 미간점에서의 Y좌표값.

2) 코 높이

$$ND = MAX(x, y) - NB2(x, y) \quad (3)$$

여기서, MAX(x, y)는 코끝 좌표의 Z값,  
NB2(x, y)는 코밑 점 좌표의 Z값.

3) 코 너비

$$NW = LEx + REx \quad (4)$$

여기서, LEx는 왼쪽 코끝 좌표의 X좌표 값,  
REx는 오른쪽 코끝 좌표의 Y좌표 값.

4. 실험 및 결과

본 논문에서 3차원 얼굴 영상을 획득하기 위하여 4D 쥘쳐에서 제작된 See & Feel 3D Scanner를 이용하였다. 레이저 스캐너가 얼굴 영상을 획득할 때는 레이저 라인 빔을 얼굴에 주사하고 스캐너가 3초 동안 이동하면서 초기의 180장의 프로파일 영상이 얻어진다. 이때 얻어진 영상의 크기는 640x480이며, 이를 다시 Calibration, Sub sampling 그리고 Interpolation 작업을 수행하여 320x320 3차원 영상이 얻어진다.

획득된 3차원 영상으로 먼저 등고선 값에 의한 영역 비교를 데이터 베이스의 3차원 영상과 실시한다. 입력된 영상(Ra(x, y))과 데이터 베이스 영상(Rb(x, y))에 대한 등고선 값에 의한 영역 차를 식 (5)에 나타내었다. 그림 4는 입력 영상(img1)과 데이터 베이스 영상(img10)과의 각각에 대한 영역 비교 결과를 나타내었다. 차 영역에 대한 픽셀의 수, 무게 중심 좌표 X, Y 그리고 분산을 구하여 정규화를 시킨다. 정규화 된 데이터들의 합을 구하여 가장 작은 값부터 큰 값의 순서로 순위를 부여한다.

$$diff(x, y) = \sum(Ra(x, y) - Rb(x, y)) \quad (5)$$

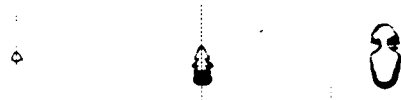


그림 4 영역 비교 결과(등고선 값 10, 20, 30)

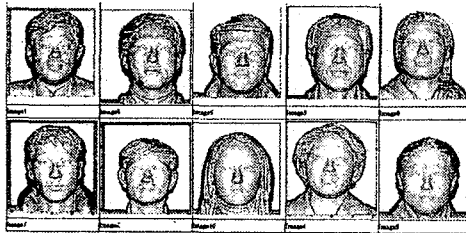
특징 기반에 의한 비교는 획득된 3차원 영상과 데이터 베이스의 영상들의 특징 값들을 구하여 그 차를 구한다. 다음으로 각 차의 합을 구한 후 가장 작은 값부터 큰 값 순서로 순위를 부여한다. 입력 데이터를 img1로 했을 때의 실험 결과가 표 1 과 그림 5에 나타내었다. 등고선 값을 사용했을 경우와 특징점을 사용했을 경우 모두 순위가 1로 나타났으며, 10개의 영상에 대하여 100%의 인식률을 나타내었다. img1이 입력되었을 때의 각각에 대한 결과를 표 1, 표 2 및 그림 4에 나타내었다.

표 1. 등고선 값에 의한 영역 기반 비교

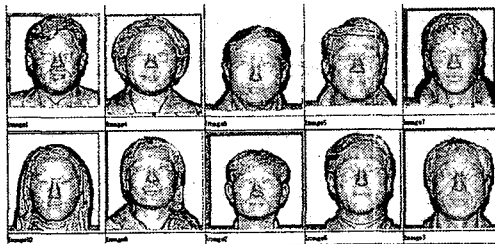
DB	X	Y	Pixels	Distrib.	Sum	Rank
img1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1
img2	2.5000	0.4277	1.4272	1.0450	5.3999	7
img3	0.0000	1.1300	1.8490	1.3168	4.2959	4
img4	2.7500	1.4332	0.9453	0.7216	5.8501	9
img5	1.6250	0.6053	1.0461	0.8399	4.1163	3
img6	0.6250	0.7656	1.4727	1.1044	3.9677	2
img7	1.0000	1.2619	1.7983	1.2624	5.3226	6
img8	1.2500	1.6996	1.2041	0.8449	4.9986	5
img9	0.7500	3.0000	3.0000	3.0000	9.7500	10
img10	1.0000	1.3901	1.9064	1.2732	5.5697	8

표 2 특징 기반 비교

DB	NL	Dif.	ND	Dif.	NW	Dif.	Sum	Rank
img1	40	0	14	0	42	0	0	1
img2	50	10	13	1	46	4	15	8
img3	56	16	16	2	41	1	19	10
img4	43	3	13	1	39	3	8	2
img5	45	5	17	3	43	1	10	4
img6	51	11	17	3	39	3	17	9
img7	48	8	15	1	41	1	12	5
img8	48	8	11	3	39	3	14	7
img9	40	0	13	1	35	7	13	3
img10	47	7	17	3	39	0	11	6



a) 등고선 값에 의한 영역 기반 비교 결과



b) 특징 기반 비교  
그림 5. 인식 순위 결과

## 5. 결론

본 논문은 얼굴에서 가장 두드러지게 나타나는 코의 정보를 이용한 인식 알고리즘을 제안하였다. 얼굴 인식에 있어서 가장 문제가 되는 빛의 영향을 거의 받지 않으며, 3차원 영상이 가지는 깊이 데이터를 이용함으로써 보다 정확하게 인식을 할 수 있었다. 사람의 얼굴은 곡선으로 이루어져 있으므로 특징 점들을 찾기 위해 곡률에 대한 사항도 고려되어야 한다[2]. 이러한 3차원 영상은 개인 보안 및 인증 시스템이나, 애니메이션 등에 응용될 수 있다.

## 6. 참고문헌

- [1] L.C. Jain, U. Halici, I.Hayashi, S.B.Lee, *Intelligent biometric techniques in fingerprint and face recognition*, CRC Press, 1999.
- [2] P.L.Hallinan, G.G.Gordon, A.L.Yuille, P.Giblin, D.Mumford, *Two and three dimensional pattern of the face*, A K Peters. Ltd. 1999.
- [3] Markus Grob, *Visual computing*, Springer-Verlag, 1994.
- [4] A. Nikolaidis, I. Pitas, "Facial feature extraction and pose determination," *Pattern Recognition*, 33 (2000), 1783-1791.
- [5] B. Moghaddam, T.Jebara, A. Pentland "Bayesian face recognition," *Pattern Recognition*, 33(2000), 1771-1782.
- [6] C.S. Chua, F. Han, Y.K. Ho, "3D Human Face Recognition Using Point Signature," 4th ICAFGR, 2000.