

표정에 강인한 가보 웨이블릿 기반 얼굴인식에 대한 연구

권기상⁰ 이필규

인하대학교 컴퓨터 정보 공학부

zzzui⁰@im.inha.ac.kr, pkrhee@inha.ac.kr

Research of Facial Expression to Robust GaborWavelet based Face Recognition

Ki Sang Kwon⁰ Phill Kyu Rhee

Inha University, Intelligent Technology lab

요 약

본 논문에서는 말스버그가 주장한 가보 웨이블릿을 기반으로 하는 얼굴 인식과 표정에 강인한 얼굴 인식에 대한 내용을 소개 하였다. 표정을 분류하는 방법론에 대한 연구는 활발한 편이지만, 유사한 표정을 지니는 타인에 대한 구분이라던가, 동일인의 다양한 표정을 한 사람으로 정확히 인식하는 연구는 전무한 실정이다. 본 논문에서는 얼굴을 구성하는 특징 중에서 표정에 가장 많이 영향을 받는 특징을 분석하기 위한 실험과정과 결과, 그리고 근거를 제시하였고, 그에 따르는 방법론에 대한 연구를 제안한다.

1. 서론

생체인식 기술은 사람 개개인마다 타고나면서 지니게 되는 고유한 생체 정보를 이용한 보안 기술로, 신뢰할만한 성능과 안정성으로 현재 활발한 연구와 기술 개발이 이루어지고 있다. 대표적인 생체 인식 기술로써 얼굴, 지문, 홍채, 정맥 등 다양하며 사용자 편의성, 비용 대 효과적 측면에서 각각 장, 단점을 지니고 있다.

이 중, 얼굴 인식은 직접 센서에 신체 비 접촉이라는 점과 인증 시 고정된 자세와 위치를 요구하는 다른 인식 기술과는 달리, 얼굴인식은 영상을 획득하기가 상대적으로 용이하며, 공항이나 보안시설과 같은 곳에서 감시용으로도 사용할 수 있다는 점에서 그 쓰임새가 높다고 할 수 있겠다. 그리고 비용적인 측면에서도 고가의 입력장비를 요구하는 홍채인식에 비해 카메라와 같은 간단한 장비로 저렴하게 시스템을 구축할 수 있으며, 획득된 얼굴 입력 이미지를 통해서 다양한 인식 알고리즘과 방법론을 적용할 수 있는 정보량(색상, 특징, 형태 등)이 많다는 점에서 매력적인 인식 기술이다.

이러한 얼굴인식과 이에 관련된 연구에서의 인식률 혹은 성능 향상을 위한 수많은 연구가 진행 중에 있다. 조명, 포즈, 표정분류 등 다양한 관점에서 연구가 진행 중이지만, 유사한 표정을 지니는 타인의 구분이라던가, 동일인의 다양한 표정을 한 사람으로 정확히 인식하는 이른바 표정에 강인한 얼굴인식에 관한 연구가 전무한

실정이다. 본 논문에서는 가보 웨이블릿을 기반으로 하는 표정에 강인한 얼굴인식에 대한 연구와 이에 관련된 방법론을 기술하고자 한다.

2. 가보 웨이블릿을 이용한 얼굴 인식

가보 웨이블릿은 방향성분, 공간 주파수, 그리고 공간 지역성을 효율적으로 추출한다. 가보 웨이블릿은 인간의 시각 신경 계통 특성에 대응하는 실험적 필터에 대한 접근으로 볼 수 있다[1]. 가보 웨이블릿은 생물학적 연관성과 계산적 특성 때문에 이미지 인식에 널리 사용되고 있는데, 가보는 인간의 기본적인 시각 피질 내에 있는 일반적인 세포의 수용계와 비슷한 모형을 가지고 있다. Receptive function은 인간의 기본적인 시각 피질에서 뉴런의 수용계는 독자적인 주파수와 방향을 갖는다. 이러한 것들은 2-D 가보 필터로 모델링된다. 가보 필터는 이미지에서의 잡음과 중복 성을 감소시키는데 효율적이다. 가보 웨이블릿은 가보 커널에 의해 한정된 평면 파의 형상에서 회전 커널의 생물학적인 모티브가 되었다. 가보 웨이블릿은 이미지의 압축과 재 표현에 특히 적합하다는 것을 보여주며, 서로 다른 주파수와 방향의 커널을 위한 회전 계수는 어떤 특정한 얼굴의 특징 점에서 시작하는 것으로 계산 되어 진다[1, 2].

본 논문에서는 현재 알려진 가보 커널 중 가장 우수하다고 알려진 말스버그에 의해 제안된 가보 커널을 선정하여 실험하였다[3]. 말스버그가 제안한

가보 커널은 아래 수식 (1)과 같다.

$$\psi(x, y) = \frac{k_1^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{k_1^2(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right) \cdot [\exp(i\vec{k}_1 \cdot (x^2 + y^2)) - \exp(-\frac{\sigma^2}{2})]$$

$$\vec{k}_1 = (k_1 \cos \theta_{\mu}, k_1 \sin \theta_{\mu})^T, k_1 = 2 \frac{\pi v}{\lambda}, \theta_{\mu} = \mu \frac{\pi}{n}$$

$$j = \mu + 8v, v = 0, \dots, m, \mu = 0, \dots, n$$

수식 1.

수식 1에서 첫번째 괄호 안의 항목은 커널의 주파수를 결정하며 두번째 괄호는 DC 값을 상쇄하며, DC-free한 커널을 만들게 된다. σ 는 조절가능한 파라미터로써 wavelength에 대한 가우시안 윈도우 길이의 비율을 나타낸다. 가보 웨이블릿은 보통 5개의 주파수, $v=0, \dots, 4$ 와 8개의 방향, $\mu=0, \dots, 7$ 을 사용한다[1]. 아래 그림 1은 5개의 주파수와 8개의 방향으로 나타낸 가보 커널을 보여주고 있다[3].

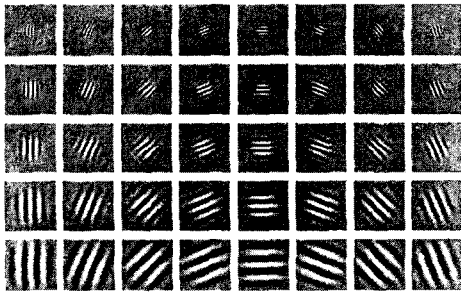


그림 1. Malsberg가 제안한 가보커널

F \ O	2	3	4	5	6	7	8
0							
6	146	65	28	19	12	11	12
7	110	44	22	14	13	11	11
8	118	44	19	13	12	10	8
12	x	41	23	12	12	10	9
16	x	42	23	13	13	10	9
20	x	41	22	13	13	10	9

표 1. 주파수와 방향 수치 변화에 따른 실험 결과 (F : Frequency, O : Orientation)

인식 실험을 위한 가보 커널에서 내부 파라미터인 주파수와 방향을 다시 고려하여 각각의 수치에 변화를 주었을 때의 성능 평가를 다시 고려하였다. 말스버그의 논문에서 주장된 주파수 5, 방향 8의 전, 후로 수치를 다양하게 변경하여 실험한 결과가 위 표 1과 같이 나타나고 있으며, 실험 데이터는 연구실 자체 데이터를 이용하였고, leave one out 방법을 이용하여 오류의 개수를 측정하였다.

위 결과를 평가하기 위한 실제 인식을 실험은 FERET 데이터베이스의 fa와 fb 를 사용하였다. 각각의 얼굴

이미지를 128x128 크기로 자른 후 회전 보정을 수행하는 것으로 전 처리를 하였으며, 텍 윤곽을 비롯한 얼굴 내의 특징 눈썹, 눈, 코, 입 등에 아래 그림 2와 같이 32개의 특징 점을 정의하여 가보 벡터를 추출하였다.



그림 2. 128x128로 잘려진 얼굴 이미지와 32개의 특징 점 위치

말스버그가 주장하는 가보 커널 수치에 따라 실험을 재현하였을 때 시간 대 성능 비 면에서는 주파수 : 5, 방향 : 8이 가장 우수했으나[2], 성능만을 우선적으로 놓고 봤을 때의 결과는 아래 표 2와 같이 주파수 : 8, 방향 : 8이 가장 높은 성능을 나타내었다.

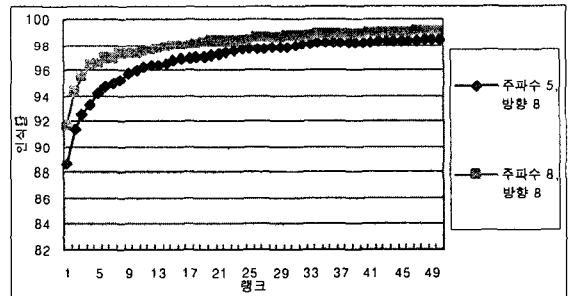


표 2. 주파수, 방향에 따른 인식률 비교

3. 표정에 강인한 얼굴인식을 위한 연구 및 실험 결과

현재 표정을 분류하는 연구는 활발히 이루어지고 있지만, 표정에 관계없이 동일인임을 강인하게 인식하는 연구나 사례는 많지 않다. 이유는 표정이 과도하게 들어갈 경우 인식하기 위한 얼굴을 구성하는 특징에 왜곡이 반영되기 때문이다. 이것은 국소적인 방법의 경우, 지역 특징인 눈, 입 등의 왜곡을 뜻하고, 전역적인 방법도 마찬가지이다. 그러므로 인식하는데 있어서 가장 좋은 결과를 보이는 얼굴의 표정은 정면 무표정 얼굴인데, 본 논문에서 연구하고자 하는 방안은 표정이 반영된 얼굴을 구성하는 특징에 대한 왜곡을 보정하여 인식률을 향상시키고자 하는 데에 그 목적이 있다. 본 논문에서 정의하는 특징은 눈썹, 눈, 코, 입, 턱 윤곽 등이며 표정이 들어간 얼굴 이미지에서 각각의 특징에 따른 인식률 변화와 그 정도를 알아 보기 위하여 특징 부분 별로 표 3과 같이 인식률을 평가 하였다.

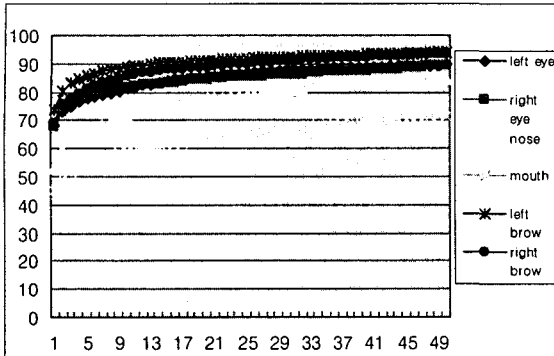


표 3. 각 특징 별 인식을 평가 결과.

위 표 3에서 나타내는 결과의 판단은 인식률의 높고 낮음과 실제 표정이 반영된 이미지에서의 특징에 대한 왜곡의 민감한 정도인데, 인식률의 높고 낮음만을 보았을 때 인식률에 가장 영향을 많이 미치는 특징은 좌, 우 양 눈썹으로 볼 수 있다. 눈썹은 사람마다 고유한 크기와 형태를 가지고 있으며 표정에 많이 민감하지 않기 때문으로 판단 할 수 있지만 그만큼 인식률의 높낮이 변동에는 크게 영향을 미치지 않는다. 양 눈의 경우 눈썹 이상으로 고유한 크기와 형태, 색상정보를 가지고 있기 때문에 인식률에 큰 영향을 미치는 특징이지만, 눈썹과는 달리 표정이 잘 드러나는 부분이기 때문에 인식률의 높낮이에 많은 영향을 미치는 부분이다. 코는 다른 특징인 눈, 눈썹, 입 등이 평면적인 형태를 갖는 특성에 비해 대단히 입체적인 특징으로 볼 수 있다. 그렇기 때문에 정면 이미지의 경우에서 판단하는 것만으로는 다른 사람의 코와 비교 했을 때 구분해 내는 데에 한계가 있다고 판단 할 수 있다. 입의 경우 위 특징들에 비해 가장 낮은 인식률을 보여주고 있다. 그 이유는 실험에 쓰인 얼굴 이미지와 함께 분석해 보았을 때, 단순히 구분하기에 적합하지 않은 특징이 아니라, 얼굴을 구성하는 특징들 중 가장 표정에 민감하고 잘 반영되는 특징이라는 사실을 나타내고 있다. 이상, 위 사실을 요약하여 보았을 때 인식에 가장 영향을 많이 미치는 얼굴을 구성하는 특징은 눈과 입이라고 판단을 내릴 수 있다.

얼굴 이미지는 shape와 texture로 구성되는데, texture는 곧 화소 값을 나타내며, 이러한 texture가 shape를 형성하고 있다[4, 5]. 표정이 반영된 얼굴을 정면 무표정 얼굴을 변환하기 위해서는 이미지를 구성하는 고유한 정보를 최대한 왜곡을 억제하는 기술이 필요한데, 본 논문에서는 범위 기반 워핑(Field-based warping) 알고리즘을 고려하고 있다. 이 범위 기반 워핑 알고리즘을 이용하여 texture의 왜곡을 최대한 억제하며 shape를 변경하는 것이 목적이라 할 수 있다. 다시 말하면, 즉 이미지 내의 texture정보만을 이용, shape를 변경하여 무표정 얼굴에 근접하게 만드는 것이라 할 수 있는데, 같은

눈의 경우 해당 얼굴 이미지의 원래 눈을 구성하는 동공이나 홍채에 대한 색상 정보를 알 수 없기 때문에 변환하더라도 높은 신뢰성을 보장 할 수 없을뿐더러, 심각한 경우 오히려 인식률을 더 떨어뜨릴 수 있는 경우가 발생 할 수 있다[7]. 이에 대한 보완 사항으로 평균 이미지를 이용한 평균 표정으로의 매핑을 고려해 볼 수 있는데, 이 방법은 원래 이미지의 고유한 색 정보를 왜곡할 수 있기 때문에 앞서 언급한 같은 눈의 경우에만 부분 적용해 보는 방법에 대한 고찰이 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 말스버그가 주장한 가보 웨이블릿을 기반으로 하는 얼굴 인식과 표정에 강인한 얼굴 인식에 대한 연구의 부분적인 결과와 과정을 나타내었다. 이때, 성능을 우선적으로 고려한 관점에서 실험하여, 가보 커널의 다양한 내부 파라미터를 조사할 수 있었으며, 얼굴을 구성하는 특징 군을 정의하여 어떤 특징이 인식률에 가장 영향을 많이 미치는지 알 수 있었다.

차 후 진행 사항으로써 위 실험결과를 토대로 내린 판단과 방법론을 기반으로, 얼굴이미지 내에서 왜곡을 최소로 하여 정면 무표정 얼굴을 생성, 인식률이 얼마나 향상되는가를 수행하고자 한다.

5. 참고 문헌

- [1] J. P. Jones and L. A. Palmer, "An evaluation of the two-dimensional gabor filter model of simple receptive fields in cat striate cortex," *J. Neurophysiol.*, 58(6):1233-1258, 1987.
- [2] L. Wiskott, J.K. Fellous, N. Kruger, von der Malsburg, C, "Face recognition by elastic bunch graph matching" *Image Processing, 1997. Proceedings., International Conference on*, Volume: 1, 26-29 Oct. 1997
- [3] Tai Sing Lee, "Image representation using 2D Gabor wavelets" *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, Volume 18 Issue 10, Oct 1996
- [4] Beymer, D., "Feature correspondence by interleaving shape and texture computations" *Computer Vision and Pattern Recognition, 1996. Proceedings CVPR '96, 1996 IEEE Computer Society Conference on*, 18-20 June 1996
- [5] Beymer, D., "Vectorizing Face Images by Interleaving Shape and Texture Computations" *MIT AI Lab memo, No. 1537, September, 1995.*
- [6] Beier, T, Neely, S, "Feature-Based Image Metamorphosis" *Computer Graphics (Proc. Siggraph 92)*, Vol. 26, No. 2, 1992,
- [7] Alex M. Martinez, "Semantic Access of Frontal Face Images: the expression-invariant problem" *Content-based Access of Image and Video Libraries, 2000. Proceedings. IEEE Workshop on*, 12 June 2000