

표정 변화에 따른 딥러닝 기반 얼굴인식

박용석, 김현식, 추연승

한국전자기술연구원

yspark@keti.re.kr, hskim@keti.re.kr, piksal@keti.re.kr

Effects of Facial Expressions on Deep Learning Based Face Recognition

Yong-Suk Park, Hyun-Sik Kim, Yeon Seung Choo

Korea Electronics Technology Institute

요 약

딥러닝 기반 얼굴인식 기술은 개인 신원 확인과 시스템 접근제어 등 다양한 영역에서 활용되고 있다. 통제된 환경에서 얼굴 인식은 높은 인식률과 정확도를 보이지만 일상 환경 모니터링에서 사용될 경우 가변적인 환경요인으로 인해 인식률이 크게 떨어진다. 특히 일상생활에서 사람들은 다양한 표정을 지으며 생활하기 때문에 표정으로 인한 얼굴의 변화는 얼굴인식 정확도를 저하한다. 본 논문에서는 표정의 변화가 얼굴인식 정확도에 어떤 방식으로 영향을 미치는지 분석한다. 자체적으로 구축한 표정 데이터셋을 이용하여 중립 표정과 감정이 실린 표정을 ArcFace 얼굴인식 알고리즘으로 유사도 비교를 진행한다. 테스트 결과 혐오 표정이 중립 표정과 가장 큰 차이를 보였으며, 일부 데이터에서는 동일인이 아니라고 판단될 정도로 그 차이가 컸다.

I. 서 론

얼굴 또는 안면 인식 기술은 스마트폰 잠금, 컴퓨터 보안, 출입관리 시스템, 출입국관리 시스템 등 다양한 기기와 영역에서 개인 신원 확인(personal identification) 및 접근제어(access control)를 위해 사용되고 있다. 딥러닝(deep learning) 기술의 확산으로 인해 VGG-Face, Deep Face 등 많은 얼굴인식 알고리즘이 생성되면서 식별 정확도가 크게 향상되었다. 하지만 아직도 높은 얼굴인식 정확도는 잘 제어된 환경(controlled environment)에 국한된다. 통상적으로 사람들은 무표정 또는 중립적인 표정을 지으며 특정 시스템에서 얼굴인식 프로세스를 진행하며, 개인 식별(identity verification)은 얼굴 등록 때와 같은 환경과 조건에서 이루어지기 때문에 정확도가 높다. 하지만 CCTV, 웹캠 등을 이용한 일상 환경 모니터링에서의 얼굴인식을 통한 개인 식별은 정확도가 크게 떨어진다. 변화하는 환경에 따라 조도가 달라지고 사람들의 얼굴 각도와 방향도 매우 다양해지기 때문이다. 특히 사람들은 일상에서 매우 다양한 표정을 짓기 때문에 급격한 표정의 변화는 얼굴인식에 영향을 미친다. 표정의 변화는 주름 생성, 눈, 코, 입 등의 모양 변화 등을 동반하기 때문에 표정이 반영된 얼굴은 중립 얼굴과 큰 차이를 보일 수 있다. 이는 등록된 사람을 거부하게 되는 오거부율(false rejection rate)과 등록된 사람을 다른 사람으로 착각하는 오인식률(false acceptance rate)을 높이는 원인이 될 수 있다.

표정이 얼굴인식에 영향을 미친다는 사실은 확실하지만, 구체적으로 인식률에 어떤 방식으로 영향을 미치는지에 관한 연구는 많이 진행되지 않았다. [1]은 얼굴 특징점(facial landmark) 분석을 통해 표정이 얼굴인식에 미치는 영향을 분석하고 표정에 상대적으로 영향을 덜 받는 얼굴 특징점들을 분류하는 연구를 진행했다. [2]는 얼굴인식 학습용 데이터셋 분석을 통해 얼굴인식 시 표정과 관련하여 어떤 편향(bias)이 존재하는지 분석한다.

본 논문에서는 표정이 얼굴인식에 미치는 영향과 관련된 연구의 초석을 다지고자 하며 우선적으로 어떤 표정들이 얼굴인식에 큰 영향을 미치는지 분석을 진행한다.

II. 본론

표정이 얼굴인식에 미치는 영향을 분석하기 위해 먼저 그림 1과 같은 기본 감정 표현 이미지로 구성된 얼굴 데이터셋을 구축하였다.[3] 구축된 데이터셋은 여성 20명, 남성 20명에 대해서 중립(neutral), 분노(anger), 경멸(contempt), 혐오(disgust), 두려움(fear), 기쁨(happiness), 슬픔(sadness), 놀라움(surprise)의 8가지 기본 감정(basic emotions)을 표현한 표정 이미지들로 구성된다.



그림 1. Paul Ekman의 기본 감정 표현

각 사람의 중립 표정은 나머지 7가지 감정 표정과 얼굴인식 알고리즘을 사용하여 유사도를 비교한다. 얼굴인식 알고리즘은 ArcFace를 사용하였다.[4] ArcFace는 InsightFace 얼굴 분석 도구의 모듈로 제공되며

LFW(Labeled Faces in the Wild) 데이터셋에서 99.83%의 정확도를 달성한 바 있다. ArcFace는 ResNet34 모델을 기반으로 하며 손실함수로 통상적으로 딥러닝에서 많이 사용되는 softmax 대신 additive angular margin loss를 사용하는 것이 특징이다. 구현된 ArcFace 모델은 112x112 픽셀 크기의 입력을 받으며 512개의 특징점(512 dimensional vector representation)을 생성한다. 각 표정에 대해 ArcFace 특징점을 구한 다음 중립 이미지의 특징점과 특정 표정 특징점 간 유클리드 거리(Euclidean distance)를 식 (1)을 사용하여 구하고 유사성을 비교한다.

$$d(p, q) = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} \quad (1)$$

p 는 중립 이미지의 특징점이고 q 는 나머지 7개의 감정 표정의 특징점에 해당된다. n 은 ArcFace 특징점의 크기(dimensionality)인 512 값을 가진다. 유클리드 거리 값이 낮을수록 두 이미지는 유사성이 높은 것이며, 거리 값이 증가할수록 유사성이 떨어지는 것이다. 통상적으로 ArcFace를 이용한 얼굴인식에서는 4.12의 유사성 임계치(threshold) 값을 가진다. 즉, 유클리드 거리 값이 4.12 미만일 경우 동일 인물로 판단을 하고, 거리 값이 4.12 이상일 경우 다른 인물로 판단한다.

표 1은 여성 표정에서의 유사성 결과를 보여준다. “경멸” 표정이 “중립” 표정과 가장 유사했으며(여성 표정 샘플 데이터의 95%). “혐오” 표정은 “중립” 표정과 가장 큰 차이를 보였다(여성 표정 샘플 데이터의 85%).

표 1. 여성 표정에서의 유사성

	분노	경멸	혐오	두려움	기쁨	슬픔	놀라움
Min	1.92	1.77	2.92	2.29	2.65	2.27	2.60
Max	3.52	3.54	4.08	4.17	3.5	3.82	4.00
평균	2.88	2.41	3.69	3.32	3.11	3.16	3.26

표 2는 남성 표정에서의 유사성 결과를 보여준다. 여성 표정에서와 동일하게 “경멸” 표정이 “중립” 표정과 가장 유사했으며(남성 표정 샘플 데이터의 94.4%). “혐오” 표정은 “중립” 표정과 가장 큰 차이를 보였다(남성 표정 샘플 데이터의 77.78%). 특히 혐오, 두려움, 놀라움 등의 표정과의 비교에서는 거리 값이 동일한 여부를 판단하기 위한 임계치인 4.12를 넘어 동일인으로 인식하지 않는 경우도 다수 발견되었다.

표 2. 남성 표정에서의 유사성

	분노	경멸	혐오	두려움	기쁨	슬픔	놀라움
Min	2.13	1.68	3.02	2.16	2.06	2.63	2.94
Max	3.31	3.11	4.67	4.62	3.31	3.89	4.76
평균	2.88	2.23	3.73	3.46	2.86	3.18	3.44

얼굴인식 모델이 각 표정 이미지에서 집중하는 영역을 시각화하기 위해 Grad-CAM(Gradient-Weighted Class Activation Mapping)을 사용하였다.[5] Grad-CAM은 gradient를 weight로 사용하여 이미지에서 중요도가 높은 부분을 나타내준다. 이를 위해 학습 네트워크의 마지막 합성곱 계층을 찾아 입력되는 gradient 정보를 분석하고, gradient에 따른 중요도 점수를 이용하여 heatmap을 생성하였다. 그림 2의 예시에서 유사도가 멀어지는 표정 이미지들에 대해서 heatmap 영역이 변경됨을 관찰할 수 있다.

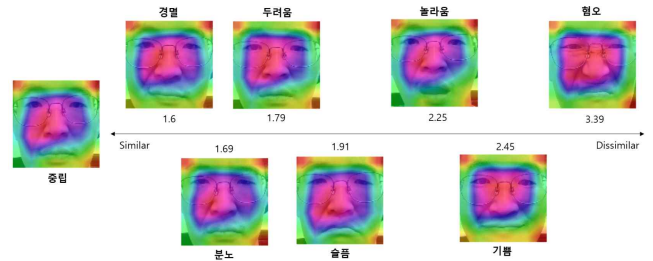


그림 2. 얼굴 표정별 Grad-CAM Heatmap 예시

III. 결론

본 논문에서는 표정 변화가 얼굴인식에 미치는 영향을 분석하기 위해 ArcFace 얼굴인식 알고리즘을 이용하였다. 분석을 위해 사용된 표정 데이터셋에서 “경멸” 표정은 “중립” 표정과 큰 차이가 없었으며, “혐오” 표정은 “중립” 표정과 가장 큰 차이를 보였다. 향후 보다 다양한 얼굴인식 알고리즘을 이용하여 테스트를 진행하고 표정 변화에 따른 인식을 변화 결과를 분석하고 표정에 영향을 받지 않는 방식으로 얼굴 인식률을 높이는 방법을 도출하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2022년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 20009940, 개인 상황 인지를 기반으로 스마트 홈 케어가 가능한 Home Ambient Intelligence Display (HAID) 및 디자인 개발).

참 고 문 헌

- [1] Alrubaish, H. and Zagrouba, R. "The Effects of Facial Expressions on Face Biometric System's Reliability," Information 2020, pp. 1-32, October 2020.
- [2] Peña, A., Morales, A., Serna, I., Fierrez, J., and Lapedriza, A. "Facial Expressions as a Vulnerability in Face Recognition," 2021 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), pp. 2988-2992, September 2021.
- [3] Ekman, P. "An Argument for Basic Emotions," Cognition and Emotion, vol. 6, no. 3-4, pp. 169-200, 1992.
- [4] Deng, J., Guo, J., Xue, N., and Zafeiriou, S. "ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition," 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 4685-4694, June 2019.
- [5] Selvaraju, R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., and Batra, D. "Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization," 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 618-626, October 2017.