

운전자 상태 모니터링을 위한 차량 내부 환경에서의 얼굴과 눈 검출

김동훈¹, 박근호¹, 박성민², 송홍중², 정성환*¹

¹한국전자기술연구원, ²(주)텔레콘스

clickmiss123@keti.re.kr, root@keti.re.kr, skydiving2@telecons.co.kr, shj@telecons.co.kr,
*shjeong@keti.re.kr

Face and eye detection in vehicle inside environment for driver status monitoring

¹Kim Donghoon, ¹Park Keunho, ²Park Sungmin, ²Song Hongjong, ¹Jeong Sunghwan*

¹Korea Electronics Technology Institute, ²Telecons Co., Ltd

요약

본 논문에서는 실시간 운전자 상태 모니터링을 수행하기 위한 이전 단계로써 캐스케이드 검출 모델을 학습시켜 정확한 운전자 얼굴과 눈 위치의 검출을 시도하였다. 검출 모델은 차량 내부에 설치한 카메라로부터 취득한 데이터와 VGGFace2, UTK Face 데이터셋을 이용하여 학습을 수행하였다. 해당 학습 데이터들은 정면 얼굴과 측면 얼굴에 대해 비슷한 위치에 눈과 입이 등장하도록 레이블링이 수행되었으며, 레이블링이 수행된 데이터에 회전을 통한 데이터 증강기법 적용함으로써 학습 데이터의 수를 증가시켰다. 또한, 얼굴 검출 결과로부터 후보 영역을 지정함으로써 검출 속도의 향상과 검출 영역의 검증을 동시에 수행할 수 있도록 하였다.

키워드 : 운전자 상태 모니터링, 캐스케이드 검출 모델, 데이터 증강

I. 서론

최근 자동차의 자율주행 기능이 점진적으로 상용화되고 있고, 이에 따라 운전자 상태 모니터링의 중요성이 증대되고 있다. 예를 들어 정상/졸음/전방주시 태만 등으로 상황을 구분한다고 할 때, 운전자의 얼굴과 눈 객체의 위치를 검출하는 것은 운전자 상태를 추정하는 데 있어서 중요한 단서가 될 수 있다. 최근 인공지능 모델의 약진에 따라 객체 검출 모델의 성능에도 비약적인 발전이 이루어졌으나, 높은 성능을 가진 검출 모델은 대부분 신경망의 합성곱을 거침으로써 얻을 수 있는 특징으로부터 결과를 도출하기 때문에 일반적으로 계산량이 많다. 차량 내부에 설치할 수 있는 기기에서 해당 연산을 수행한다고 할 때, 계산량 문제는 고가의 장비를 도입하더라도 해결이 쉽지 않다. 따라서 이와같은 경우에 대해 영상처리 분야에서 전통적으로 사용되어온 설계된 특징(handcrafted feature)을 이용하는 방법을 고려할 필요가 있다.

본 논문에서는 이러한 상황을 고려하여, 설계된 특징을 사용하는 객체 검출 모델을 통해 차량 내부 환경에서 운전자 얼굴과 눈을 검출하는 시스템을 제안하였다. 제안하는 방법은 빠른 검출을 수행할 수 있도록 캐스케이드 검출 모델[1, 2]을 사용하였으며, 검출 모델의 학습 또한 빠른 계산이 가능한 MB-LBP(Multi-scale Block Local Binary Pattern) 특징[3]을 사용하였다. 캐스케이드 검출 모델의 학습은 차량 내부에 설치된 카메라로부터 수집한 데이터에 얼굴, 눈과 관련한 데이터셋을 추가한 뒤, 데이터 증강기법을 적용함으로써 얻은 데이터를 이용하여 수행되었다. 얼굴과 눈의 검출에서는 차량 내부라는 공간적인 상황을 고려하여 검출된 후보 영역을 이용하여 검출 대상 영역을 좁힘으로써 검출 속도를 높일 수 있도록 하였다.

II. 본론

1. 캐스케이드 분류 모델

본 논문은 MB-LBP(Multi-scale Block Local Binary Pattern) 특징을 사용하는 캐스케이드 객체 검출 모델을 이용하여 얼굴과 눈의 검출을 수

행하였다. LBP는 영상의 텍스처를 구분하기 위한 용도로 고안된 특징[4]으로써 3×3 크기의 영상 중앙에 위치한 픽셀값을 임계값으로 하여 그림 1.(a)와 같이 계산할 수 있다.

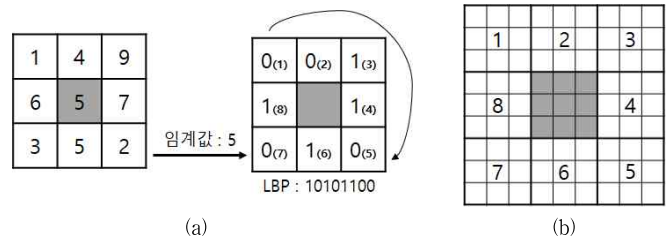


그림 1. (a) LBP의 연산, (b) MB-LBP의 연산

기본 LBP는 너무 지역적인 특징만을 반영하기 때문에 노이즈나 약간의 변화에 대해 강건하지 않다. 따라서 이를 보완하기 위해 영상을 일정 크기로 분할하여 각 블록 내 위치한 픽셀들의 평균값을 구하고, 중앙 블록의 값을 임계값으로 사용함으로써 LBP를 계산하는 방식을 사용할 수 있는데, 이를 MB-LBP라 한다.

본 논문에서 사용한 캐스케이드 분류 모델은 영상의 특징에 하나의 검출기만을 적용하여 대상을 검출하는 대신 여러 개의 검출기를 순차적으로 적용한다는 점을 특징으로 한다. 영상에서 검출 가능한 모든 부분 집합이 입력이라고 할 때, 한 번의 분류에 많은 시간을 소요하는 강한 검출기에 모든 입력을 통과시키는 방식은 처리 속도를 빠르게 만들기 어렵다. 이에 대해 캐스케이드 모델은 그림 2와 같이 처음은 시간을 적게 소모하는 단순한 분류기를 이용하여 빠르게 대상 외의 것들을 제외하고, 남은 후보들에 대해 점진적으로 복잡한 분류 모델을 적용함으로써 빠른 처리 속도를 얻는다.

2. 검출 모델의 학습에 사용한 데이터

캐스케이드 검출 모델의 학습에는 대상 객체가 포함된 긍정 예제와 포함

되지 않은 부정 예제가 필요하다.

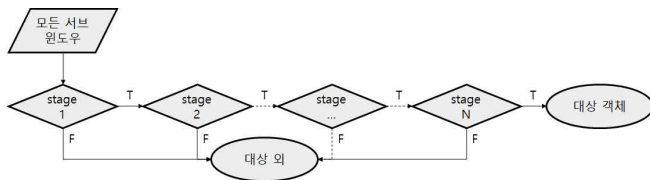


그림 2. 캐스케이드 방식의 분류 모델 프로세스

본 논문에서는 차량 내부 환경에서의 검출 성능을 높이기 위해 그림 3과 같은 위치에 설치된 열화상(infrared) 카메라로부터 낮부터 밤 시간대에 걸쳐 18,183장의 운전자 얼굴 영상을 취득하였다. 해당 방법을 사용할 경우, 다양한 사람들의 얼굴 형태나 응시 방향, 고개 기울임 등의 조건을 긍정 예제가 포함하도록 하기 어렵다. 따라서 이를 보충하기 위해 VGGFace2, UTK Face 등의 데이터셋으로부터 다양한 얼굴을 위주로 하여 10,000장의 얼굴을 추가로 확보하였다. 또한, 고개를 기울인 상태에서의 얼굴 검출을 위해 영상을 $\pm 5^\circ$ 만큼 회전시키는 방식으로 데이터를 증강하였다. 본 논문에서 사용한 검출 모델은 검출 박스의 가로와 세로 비율이 고정적이기 때문에 다른 얼굴형이나 약간의 회전에 대응할 수 있도록 레이블링 시 바운딩 박스의 가로, 세로 비율을 1:1로 적용하였다. 이러한 사항으로부터 그림 4와 같이 얼굴이 향하는 방향이 다르더라도 눈과 입이 가능한 중앙에 위치하도록 레이블링을 수행하였다. 눈의 경우 왼쪽 눈을 검출하는 모델과 오른쪽 눈을 검출하는 모델을 각각 학습시킬 수 있도록 두 눈을 분리하였으며, 눈을 감거나 뜬 상태 모두에 대한 검출이 가능하도록 두 경우에 대한 데이터를 모두 사용하였다. 부정 예제의 경우 얼굴이 등장하지 않는 17,800장의 영상을 수집하여 얼굴과 눈 검출기의 학습 모두에 사용하였다.

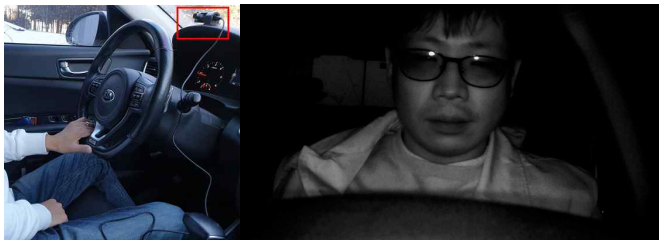


그림 3. 카메라 설치 위치와 취득한 영상 예제(야간)

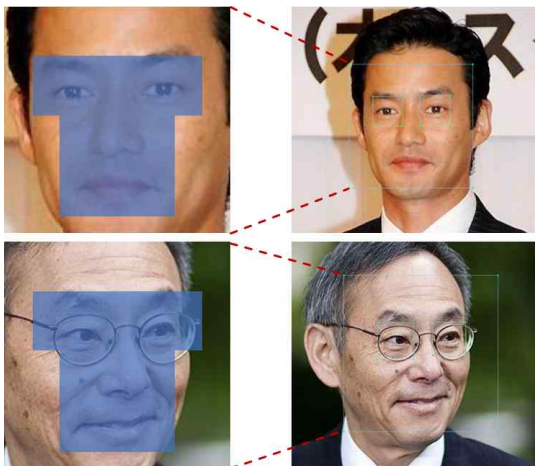


그림 4. 응시 방향이 다른 경우의 얼굴 레이블링 예시(VGGFace2)

3. ROI 지정을 통한 오검출 감소 및 검출 속도 향상

검출 모델에서 흔히 나타날 수 있는 오검출에 대해 찾은 영역이 정말 얼굴과 눈인지 검출할 필요가 있다. 먼저 얼굴을 검출하고 검출된 얼굴 영역 내에서 눈이 등장하는 경우를 제대로 된 얼굴을 찾은 것이라 가정하면, 양

쪽 눈 검출의 대상 영역을 영상 전체로부터 그림 5의 ROI와 같은 정도로 좁힐 수 있다. 직접 취득한 차량 내부 영상을 대상으로 검출을 수행하였을 때, 눈에 대한 오검출이 다수 등장하였으나 해당 방법을 적용함으로써 오검출을 줄이고 검출 속도를 높이는 효과를 얻을 수 있었다.

캐스케이드 모델의 학습 데이터에 포함되지 않았던 대상에 대해 얼굴과 눈의 검출 테스트를 수행한 결과 그림 6과 같이 안경을 쓰거나 쓰지 않은 대상의 정면이나 약간 측면을 바라보는 케이스는 잘 검출되는 것을 확인할 수 있었다. 반면 과도하게 얼굴을 기울이고 있거나 조도가 너무 높/낮은 경우에 대해서는 얼굴과 눈 검출이 잘되지 않는 것을 확인하였다. 해당 케이스는 $\pm 5^\circ$ 보다 큰 각도로 회전 데이터 증강 수행, 조도에 대한 데이터 증강 등을 통해 긍정 예제를 늘리는 형태로 일부 해결이 가능할 것이다.

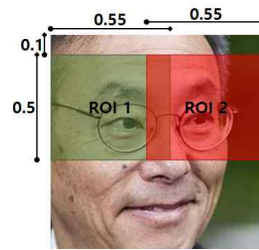


그림 5. 좌/우 눈 검출에 대한 ROI



그림 6. 검출 수행 결과 예시(좌:정면 얼굴, 우:측면 얼굴)

III. 결 론

본 논문에서는 단계적인 검출을 수행하는 캐스케이드 모델을 이용하여 차량 내부 환경에서 운전자의 얼굴과 눈 검출을 수행하였다. 빠른 검출 속도를 위하여 캐스케이드 모델은 MB-LBP 특징을 사용하여 학습을 수행하였고, 양쪽 눈 검출에 대해 후보 영역을 지정함으로써 시간적 지연이 적게 발생할 수 있도록 하였다. 검출 테스트 결과 학습 데이터와 유사한 환경 조건을 포함한 데이터는 검출이 잘 되었으나, 조명 변화 등으로 인해 학습 데이터에 포함되지 않은 환경이 발생하였을 때는 검출 성능이 떨어지는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] Viola, Paul, and Michael Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition, Vol. 1, 2001.
- [2] Zhang, Guangcheng, et al. "Boosting local binary pattern (LBP)-based face recognition," Chinese Conference on Biometric Recognition, Springer, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [3] Liao, Shengcai, et al. "Learning multi-scale block local binary patterns for face recognition," International Conference on Biometrics, Springer, Berlin, Heidelberg, 2007.
- [4] Ojala, Timo, Matti Pietikainen, and Topi Maenpää, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, Vol. 24, no. 7, pp. 971-987, 2002.