

정면 사진을 이용한 비정상 자세 검출 및 분석 시스템 연구

(Advisor for VDT: A Study on the Prevention of Incorrect Sitting Posture and Eye Dryness
by Using Frontal Images)

CUAI 4기 Healthcare팀

김유선(기계공학), 김지민(소프트웨어공학), 배병현(제약학), 이하윤(소프트웨어공학)

[요약] 본 연구는 사용자가 노트북을 사용하는 동안의 비정상적인 자세를 검출하고 분석한다. 노트북의 웹캠을 통해 사용자의 전면 이미지 데이터를 수집하고 CNN을 이용해 거북목 유무, 눈 깜박임, 어깨의 기울어짐, 목의 치우침을 검출한다. 이후 본 시스템을 통해 분석한 결과를 사용자에게 보여줌으로써 본인의 자세에 대해 이해하고 교정을 보조할 수 있도록 하는 것을 목표로 한다.

1. 서론

컴퓨터(노트북)의 이용자 수 증가에 따라 VDT(visual display terminal syndrome) 증후군이 점차 증가하고 있다. VDT 증후군은 VDT 작업자들에게 나타나는 근골격계 질환, 신경정신계 장애, 안과적 증상을 말한다.[1] VDT 증후군 관련 질병은 근막통증증후군, 안구건조증, 그리고 일자목증후군이 있다. 이에 따라, 거북목 증후군 및 안구 건조 증상이 늘어나고 있다. 2018년을 기준으로 거북목 증후군 환자는 211만명이고 안구 건조증을 겪고 있는 사람은 257만 400명에 이른다. 이는 2013년 기준과 비교하였을 때, 각각 16%, 31% 정도 늘어난 수치이다.[2] 더하여, 건강보험심사평가원의 발표에 따르면 10-19세, 20-29세, 30-39세의 젊은 층 진료 인원의 거북목 증후군이 늘어났다는 것을 알 수 있다. 건강보험 심사평가원은 스마트 기기의 증가를 해당 원인으로 뽑았다. 따라서 다양한 스마트기기 중, 사무직 종사자가 오랜 시간 사용하는 컴퓨터가 현대인에게 거북목 증후군(forward head posture) 및 안구 건조 증상(dry eye syndrome)을 겪는데 관여한다고 볼 수 있다.

거북목 증후군은 잘못된 자세로 인해 목, 어깨의 근육과 인대가 늘어나 통증이 생기는 증상을 의미한다. 이러한 긴장하는 상태가 장기화되면 올바른 자세를 취하고 있을 때에도 통증은 지속되며 두통을 유발한다.[3] 거북목 증후군을 판단하기 위하여 전방 머리 자세 각도(Craniovertebral angle; CVA)를 측정하여 활용한다. 해당 각도가 50도 미만일 경우에 거북목 증후군이라고 판단할 수 있기 때문이다.[4] 물론 거북목 증후군을 진단하기 위하여 스마트기기와 연동하는 거북목 감지장치를 통한 거북목 교정 시스템과 같이

센서를 부착을 하여 거북목 정도를 보여주는 특허와 같은 다양한 시도가 있어 왔다.[5][6] 그러나 이러한 시도는 장치를 따로 구비해야 한다는 단점이 있어, 접근성이 떨어진다.

안구 건조증은 눈물의 분비가 줄어들거나, 눈물은 많이 분비되더라도 그 성분에 변화가 생김으로써 안구 건조 등 여러 가지 증상이 나타나는 상태를 의미한다. 문제는 컴퓨터나 책을 오래 읽게 되면, 눈을 깜박이는 숫자가 줄어들게 되고, 이로 인해 안구 건조증이 심화될 수 있다는 것이다.[7] 그래서 자신이 눈을 깜박거리는 정도를 인식하는 것은 중요하다.

그리하여, 접근성이 좋고 많이 사용하는 노트북의 카메라 데이터를 활용하여 자신의 거북목 증후군 정도를 확인, 눈 깜박거림 횟수를 측정, 자세의 비대칭성 확인하는 프로그램을 구축하여 본인의 VDT 증후군 관련 위험도를 이미지(결과 창)를 통하여 인식할 수 있도록 하였다.

2. 본론

1) 데이터 수집

모델 학습에 필요한 이미지 데이터를 확보하기 위해 본 연구에서는 직접 내장된 웹캠을 활용하여 노트북 사용 모습을 촬영하였다. 이때 전방머리자세각도 계산을 위해 정면과 측면을 동시에 촬영하였으며 모자나 안경과 같은 소품을 활용하여 데이터 셋을 다양하게 구성하였다. 총 400분 분량의 정면 및 측면 동영상 파일에서 3초마다 한 프레임씩 추출하여 정면 이미지 데이터와 측면 이미지 데이터를 각각 4,000개씩 확보하였다.

이후, 모델 학습에 사용될 정면 이미지의 클래스 분류 작업을 수행하였다. 이미지 속 사람의 전방머리자세각도를 계산하기 위해 OpenCV의 MouseEvent를 활용하여 측면 이미지에서 귀의 이주와 제7경추의 위치를 annotation 해 주었다(위치는 아래의 그림1 참조). 이 좌표값을 활용하여 전방머리자세각도를 구하고 거북목 정의에 따라 각도가 50도 이상인 이미지는 0(정상), 미만인 경우에는 1(거북목)로 라벨링하였다.



그림1. 귀의 이주와 제7경추의 위치(왼쪽)와 거북목 자세 판단 기준이 되는 전방머리자세각도(오른쪽)

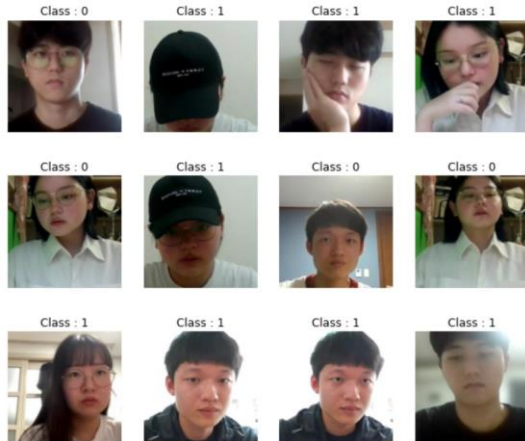


그림2. 정면 이미지 데이터 라벨링 결과

그 결과 4,000개의 정면 이미지 데이터를 2,111개의 거북목 이미지와 1,899개의 정상 이미지로 분류할 수 있었다.

본격적인 모델 학습에 들어가기에 앞서 30%의 확률로 좌우 반전을, 10%의 확률로 grayscale을 적용하는 이미지 전처리 과정을 거쳤다. 이후 정면 이미지 데이터를 9:1의 비율로 나눠 3,600개의 학습 데이터와 400개의 평가 데이터로 분리하였다.

2) 거북목 증상 이미지 분류

정면 이미지를 이용해 거북목 증후군에 해당하는 상태인지 판별하기 위한 이미지 분류 모델을 이용하였다. 모델의 선택은 GoogLeNet[8], ResNet[9], ShuffleNet[10], EfficientNet[11]의 성능 비교를 통해 이뤄졌다. 각각의 모델은 torchvision, efficientnet_pytorch의 사전 학습된 모델에서 fully-connected layer 변경을 통한 transfer learning을 이용하였다. 모델의 성능 비교는 아래 그림2에서 확인할 수 있으며 결과적으로 ResNet18을 선택하였다. 입력 데이터로 들어가는 이미지는 224 x 224로 Resize와 Normalization의 전처리 작업을 해주었고, 모델을 학습시키면서 가장 Loss가 낮았던 weight를 이용해서 거북목 분류 모델에 사용하였다.

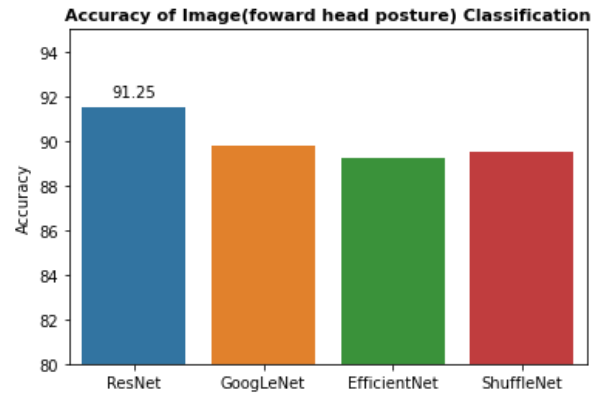
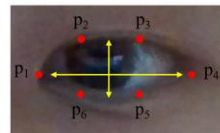


그림3. 정면 이미지 분류를 위한 성능 비교 (ResNet, GoogLeNet, EfficientNet, ShuffleNet)

3) 눈 깜박임 탐지

dlib library와

shape_predictor_68_face_landmarks.dat을 이용해 눈의 좌표를 추출하였다. 아래 그림4와 같이 p1부터 p6의 좌표를 추출한 후 Eye Aspect Ratio(EAR)를 이용해 눈이 깜박이는 횟수를 세었다. EAR가 0.26 미만으로 감소할 경우에 눈이 1번 깜박이는 것으로 임계점을 정했으며, 3분 영상을 찍을 때 셀 수 있게 real-time으로 구현하였다. VDT와 눈 깜박임 횟수와 관련하여 한국에서 진행된 연구에 따르면 1분간 눈 깜박임 횟수는 20.52 ± 5.89 번, VDT와 관련된 일에서는 8.29 ± 4.15 번이었다.[12] 따라서 우리는 사용자가 3분 동안 눈을 평균 몇 초마다 깜박였는지를 정상 수치(3초당 1번)와 함께 제공하였다. (그림 7 참조)



$$EAR = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2\|p_1 - p_4\|}$$

그림4. 눈의 좌표(p1부터 p6)와 Eye Aspect Ratio(EAR)

4) 자세 비대칭 검출

사용자의 자세 비대칭을 판단하기 위해 PyTorch의 torchvision 라이브러리에서 사전 학습된 Keypoint R-CNN ResNet-50 FPN 모델을 불러왔다. 추출할 keypoint의 종류와 개수는 같으므로 fully connected layer의 변경없이 transfer learning을 적용하였다. 입력 이미지 데이터에서 모델이 추출한 17개의 keypoint 중 코, 왼쪽 어깨, 오른쪽 어깨의 좌표(x,y)를 따로 모아 자세 비대칭 판단 알고리즘의 input 값으로 활용하였다.

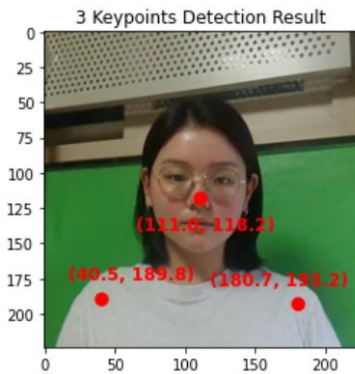


그림5. Keypoint R-CNN ResNet-50 FPN으로 추출한 코와 어깨 좌표 예시

검출할 자세 비대칭의 종류는 두 가지로 하나는 어깨의 기울어짐이며 다른 하나는 몸의 치우침이다. 이미지의 속 사람의 왼쪽 어깨와 오른쪽 어깨의 y 좌표 차이를 구하여 어깨의 기울어진 정도를 계산하였다.

몸의 치우침의 경우 어깨의 중심을 기준으로 코가 어디에 위치하였는지를 파악하여 자세가 치우친 방향(오른쪽 혹은 왼쪽)과 치우친 정도를 계산하였다. 이때 자세가 치우친 정도는 코의 x 좌표가 어깨 중심의 x 좌표와 일치한 경우에 0%, 코의 x 좌표가 오른쪽 혹은 왼쪽 어깨의 x 좌표와 일치한 경우에 100% 특정 방향으로 치우쳤다고 판단한다.

5) 테스트 결과

노트북에 내장된 웹캠을 활용하여 3분 동안 사용자의 모습을 녹화한다. 이 과정에서 눈 깜박임 횟수가 카운트되고, 거북목 판단 모델과 자세 비대칭 판단 모델의 input으로 들어갈 이미지 데이터 셋이 자동으로 생성된다.

사용자의 자세를 검사한 후, output 결과지에 사용자의 가장 올바른 자세(Result1), score가 가장 높았던 거북목 자세(Result2), 어깨가 가장 뻐뻐해진 자세(Result3), 몸(목)이 가장 치우쳐진 자세(Result4) 이미지가 출력된다. 이미지 아래에는 사용자의 자세에 대한 전체적인 분석 결과를 제공한다.

자세 분석 결과로는 전체 자세 중 바른 자세가 차지하는 비율과, 눈을 몇 초마다 한 번 깜박였는지 그 빈도와 선행 연구에 근거한 일반적인 빈도를 함께 제공한다. 또한, Result4에서 몸(목)이 중심에서 어느 방향으로 몇 퍼센트 기울어졌는지 알려준다.



배병현님의 2021/08/26 17:06 OUTBODY 분석 결과

배병현님의 3분간 자세 분석 결과입니다. 배병현님의 가장 올바른 자세는 <Result 1>이며 가장 거북이에 가까웠던 자세는 <Result 2>입니다. 바른 자세의 비율은 15.0%입니다.
 배병현님은 눈을 3.4초에 한 번 깜박이셨습니다. 일반적으로 3초에 한 번 깜박이는 것이 정상입니다.
 가장 어깨가 뻐뻐해진 순간은 <Result 3>입니다. 몸은 중심에서 왼쪽으로 47.04% 기울어진 편입니다. 가장 많이 몸이 기울어진 순간은 <Result 4>입니다.

그림6. 테스트 결과 예시

배병현님의 2021/08/26 17:06 OUTBODY 분석 결과

배병현님의 3분간 자세 분석 결과입니다. 배병현님의 가장 올바른 자세는 <Result 1>이며 가장 거북이에 가까웠던 자세는 <Result 2>입니다. 바른 자세의 비율은 15.0%입니다.
 배병현님은 눈을 3.4초에 한 번 깜박이셨습니다. 일반적으로 3초에 한 번 깜박이는 것이 정상입니다.
 가장 어깨가 뻐뻐해진 순간은 <Result 3>입니다. 몸은 중심에서 왼쪽으로 47.04% 기울어진 편입니다. 가장 많이 몸이 기울어진 순간은 <Result 4>입니다.

그림7. 분석 결과의 출력 문구 예시

3. 결 론

본 연구에서는 일정 시간 동안 수집한 사용자의 정면 사진을 이용해 VDT 증후군, 그 중에서도 거북목, 어깨의 기울어짐, 몸의 치우침, 눈 깜박임을 검출하고 분석하였다. 그 후, 사용자에게 GUI(Graphical User Interface)를 통해 결과를 보여주었다. 이를 통해 사용자가 무의식적으로 취하는 자세에 대해 피드백함으로써 사용자로 하여금 경각심을 불러일으켜 자세 교정을 보조할 수 있다.

본 연구에서는 VDT 증후군 중 거북목, 어깨의 기울어짐, 몸의 치우침, 눈 깜박임에 대해서만 검출하였다. 그러나 추후 굽은 등, 어깨 움직임의 제한, 눈의 충혈 등 다른 요소들도 함께 검출한다면 사용자에게 경각심을 불러일으키는 것뿐만 아니라 의학적인 진단의 보조, 혹은 재활 보조 도구로서의 활용 또한 기대해볼 수 있다.

참고 문헌

[1] VDT 증후군의 환경적 요인과 증상에 대한 연구, 한국안광학회지, 2009

[2] 휴대폰 보다가 목 빠집니다... 211만명이 '거북목'

https://www.chosun.com/site/data/html_dir/2019/06/18/2019061800274.html

[3] 현대인의 질환, 거북목 증후군(일자목)의 예방과 운동, 한국강구조학회 한국강구조학회지 한국강구조학회지 제22권 제4호, 2010

[4] S. Y. Kim, N. S. Kim, and L. J. Kim, "Effects of cervical sustained natural apophyseal glide on forward head posture and respiratory function," J Phys Ther Sci., Vol.27, No.6, pp.1851-1854, 2015.

[5] 스마트기기와 연동하는 거북목 감지장치를 통한 거북목 교정 시스템
http://kpat.kipris.or.kr/kpat/1020160007918.pdf?method=fullText&aplno=1020160007918&pub_reg=R

[6] 웹센서 기반 거북목 증후군 예방용 디바이스 설계, 대한전기학회대한전기학회 학술대회 논문집2019년도 제50회 대한전기학회 하계학술대회, 2019

[7] [건강칼럼] 뻑뻑한 눈, 안구건조증 주의보!!
김인숙(포천중문의과대학교,)전력문화사Electric PowerElectric Power 2007년 12월호 ,2007

[8] Szegedy, Christian, et al. "Going deeper with convolutions." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2015.

[9] He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016.

[10] Zhang, Xiangyu, et al. "Shufflenet: An extremely efficient convolutional neural network for mobile devices." Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018.

[11] Tan, Mingxing, and Quoc Le. "Efficientnet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks." International Conference on Machine Learning. PMLR, 2019.

[12] Cho YA, Won JS, An GJ. "The Effect on the Dryness of Eye during VDT Work". J Korean Ophthalmol Soc. 1996