

# 비대면 학습 집중도 분석

공재호, 배성호  
경희대학교 컴퓨터공학과  
{ asebn1, shbae } @khu.ac.kr

## Intensive analysis of non-face-to-face learning

Kong Jaeho  
Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

최근까지 이어지는 COVID-19로 인해 2021년까지도 국내 대학 대부분 수업은 비대면으로 진행된다. 하지만 이러한 비대면 수업 진행에 따라 학습자의 집중도가 떨어질 수 있다는 문제점이 제기되었다. 이에 비대면 학습 집중도에 보완할 기술을 개발한다. 학습자의 학습 집중도를 분석하여 집중도가 떨어진 구간을 학습자에게 제공한다. 실시간 Live Feed 영상에 적용가능한 비대면 학습에서 학습자의 얼굴 탐색 및 변화 감지 데이터를 산출하고 시간에 따라 데이터를 저장한다. 결과를 도출하여 집중도가 떨어진 구간을 확인하고 복습할 구간을 제시하여 비대면 학습에 기여할 수 있도록 한다.

### 1. 서 론

COVID-19로 인해 원격 수업은 지금까지 이어지고 있다. 특히 지난해 학생들의 학업성취도가 크게 떨어진 것으로 나타났다. 중상위권 비율은 줄었으며 기초학력 미달 학생들이 늘었다. 고2 수학 기초학력은 2019년에 9%에서 2020년에 13.5%로 무려 50%가 늘었다[1]. 이러한 관점에서 비대면 학습의 문제점과 해결 방안이 관심이 증대되고 있다.

이러한 관점에서 학습자의 편의성과 학습 증대를 위해 줄음 감지 알고리즘은 다양한 방법으로 연구되고 있다. 크게 3가지 형태로 분류된다. 첫째, 학습자의 생체적 특성을 분석하는 방법으로 뇌파, 심장박동, 맥박 수 등을 측정하여 줄음 및 집중도여부의 정확도가 높지만, 인체에 직접적으로 특별한 장치를 부착하는 접촉방식이기 때문에 실용적이지 못하다[3]. 둘째, 컴퓨터 비전 기술을 이용하여 학습자의 특징 변화를 측정함으로써 줄음 여부를 판단하는 방법이다. 학습자의 얼굴에는 많은 변화가 일어난다. 피로 하거나 주의력이 감소된 사람은 눈을 감거나 아주 작게 뜨며 고개의 숙임, 하품 등의 얼굴 특징으로 쉽게 구별할 수 있다. 이러한 얼굴 특징 변화를 관찰하여 학습자의 줄음 상태를 판단할 수 있는 비접촉식 방법이므로, 컴퓨터 비전 기술을 이용한 방법은 학습자에게 적용이 가능하다. 이러한 점을 토대로 비대면 학습에 적용 가능한 집중도 분석을 구현하고자 한다.

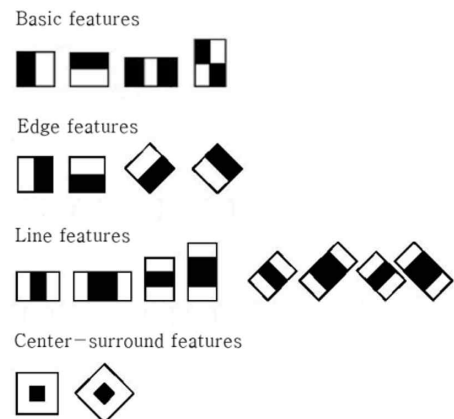
### 2. 관련 연구

#### 2.1 Haar Object Detection을 이용한 방법

Viola와 Jones에 의해 제안된 Haar-like Feature는 영상의 영역 간 밝기 차를 이용하는 것이다. 각 영역 안의 픽셀들 값을 더함으로 영역 합을 구한다. 그 값들에 weight(가중치)를 곱한 합

을 계산한다[4]. prototype에 따라 다수를 조합하고 다양한 크기를 가진 물체들의 특징을 추출하는 방법이다. 특징을 검출하기 위해서 기본 특징을 먼저 고른 후, 특징값을 사각형의 흰색 부분의 픽셀들의 밝기 합과 검은색 부분의 픽셀들의 밝기 합을 빼서 그것의 차로 결정한다. 이 값들에 부여된 임계치보다 큰 값인지 아닌지에 따라서 검출한다는 대상물체라고 추측한다.

#### 2.1.1 Haar-like Feature



[그림 1] Haar Feather 프로토타입

Haar-like Feature을 이용하면, 사람의 얼굴에 적용할 경우에 얼굴이 나타난 영상에 흑백의 사각형을 겹쳐서 놓는다. 그 다음 밝은 부분의 픽셀값을 구해 그것의 평균을 어두운 부분의 픽셀값 평균의 차이를 구한다. 차이가 임계치를 넘는다면, 사람의 얼굴에 대한 haar 특징이 있다고 본다. 사람의 얼굴과 영상의 종류들은 다양하지만, 보통 눈 영역은 어두운 편이며 코 영역은 밝다는 기본전제를 기반으로 특징적인 밝기 차를 이용하고 얼굴을 검출하는 방법이다.

## 2.1.2 Adaboost Cascaded Classifier

약분류기를 결합하여 강분류기를 생성하는 방법이다[5]. 여러 약분류기를 이용해 객체를 인식한 후 정확히 인식한 객체에 대해서 가중치를 감소시키며 인식되지 않은 객체에 대해서 가중치를 증가시켜 다음 약분류기에 반영한다. 강분류기는 각 단계에서 생성된 약분류기들의 조합으로 구성된다.

Haar-like Feature 은 기본 특징들의 이용해 물체의 기하학적 정보를 가지고 단위 영역의 밝기 차를 이용함으로 비교적 사람의 얼굴과 같은 경우엔 특징적인 밝기 차를 가질 수 있기때문에 비교적 적용하기 적합할 수 있다. 하지만, 배경과 밝기의 변화에 영향을 받음으로 학습자의 얼굴 검출의 한계가 있다. 따라서, 학습자를 감지하는 어려움이 있다.

## 2.2 색상 정보를 이용한 방법

얼굴과 다른 배경을 분리하여 얼굴 영역을 검출한다. Garcia 와 Tziritas 은 피부의 색은 YCbCr 색 공간에서 Cb 와 Cr 에서 국부적으로 분포함으로 분석하였다[6]. 칼라 영상에서는 영역을 분할하기 위해 RGB 영상을 밝기의 정보와 두 개의 색채의 정보로 분리할 수 있는 YCbCr 칼라모델로 변경한다. 색상 정보를 이용하는 방법은 간단하고 처리 속도가 빠르다. 하지만, 학습자의 얼굴 회전에 취약하며 밝기의 환경적 변화에 영향을 받으며 학습자의 얼굴 피부색도 변한 상태일 때 줄음 감지의 어려움이 있다.

## 2.3 얼굴 특징점 추출

학습자의 집중도를 분석하기 위해 카메라로부터 입력을 받은 영상으로부터 학습자의 얼굴검출을 먼저 수행한다. 본 논문에서는 회귀나무 앙상블 알고리즘을 이용하여 얼굴 특징점을 추출하였다[7].



[그림 2] 회귀나무 앙상블을 이용하여 추출한 68개의 얼굴 특징점

회귀나무(Regression Tree)는 여러 나무 구조를 임의로 학습한다. 이는 최선의 분류 및 예측을 수행하는 방법으로, 이를 얼굴형태 학습에 적용해 수많은 회귀 나무로 구성되는 얼굴 영상의 앙상블 모델을 사용함으로 학습오류를 감소시키고 밀리초 단위의 빠른 속도에도 얼굴의 여러 변형이 정밀한 랜드마크를 예측하면서 진행하는 회귀나무 앙상블을 이용한 알고리즘이다.

## 2.5 기존 연구 문제점 및 해결 방안

기존에 존재하는 줄음 감지 같은 경우 3가지 문제점을 갖고 있다. 데이터를 시간에 따라 저장하지 않고 현재 live 에 대한 즉각적인 피드백만 있다는 점, 학습자의 변화된 집중도에는 관심이 없다는 점, 낮은 집중도 구간을 알 수 없다는 점이다. 학습자의 집중도는 학습이 시작된 후 특정 구간에서 집중될 수 있고, 떨어질 수 있다. 집중하지 못한 구간의 경우 복습이 필요하며 스스로 개선의 여지가 필요하다. 이러한 학습자의 집중도를 계산해 개선될 목적으로 사용자에게 제공하는 사례가 없다.

따라서 본 연구인 비대면 학습 집중도 분석을 통해 위의 문제를 해결하고자 한다. 이를 통해 학습자의 변화되는 집중도와 전체적인 집중도 변화 그리고 복습이 필요할 구간을 확인할 수 있을 것이다.

## 3. 연구 내용

따라서 본 프로젝트에서는 dlib 라이브러리를 활용함으로써 위의 문제 3가지를 해결하고자 한다. 더불어 이러한 문제점을 해결함으로써 쉽게 사용할 수 있는 어플리케이션이 될 수 있도록 구성하고자 한다.

### 3.1 집중도 감지

집중도는 학습자의 하품 감지, 눈깜빡임 감지, 고개 숙임 감지를 점수화하여 집중도를 측정한다.

‘하품 감지’의 경우, 수직거리와 수평거리를 구한 후 이의 비율을 비교하여 감지할 수 있다. 수직거리는 얼굴 특징점의 51, 57번의 유클리디안 거리, 수평거리는 48, 54번의 유클리디안 거리를 이용한다. 비율이 0.8배 이상일 때 하품일 경우라 적용한다.

‘눈 깜빡임 감지’의 경우에도 수직거리와 수평거리를 구한 후 이의 비율을 비교하여 감지할 수 있다. 수직거리는 왼쪽 눈 얼굴 특징점의 37, 40번의 유클리디안 거리와 오른쪽 눈 44, 47 번의 유클리디안 거리를 사용하였다. 수평거리는 36, 39번의 유클리디안 거리를 이용한다. 비율이 0.25배 이상일 때 눈을 깜빡이는 경우라 적용하였다. 3초 이상 눈을 감고있는 경우, 줄음이라 판단한다.

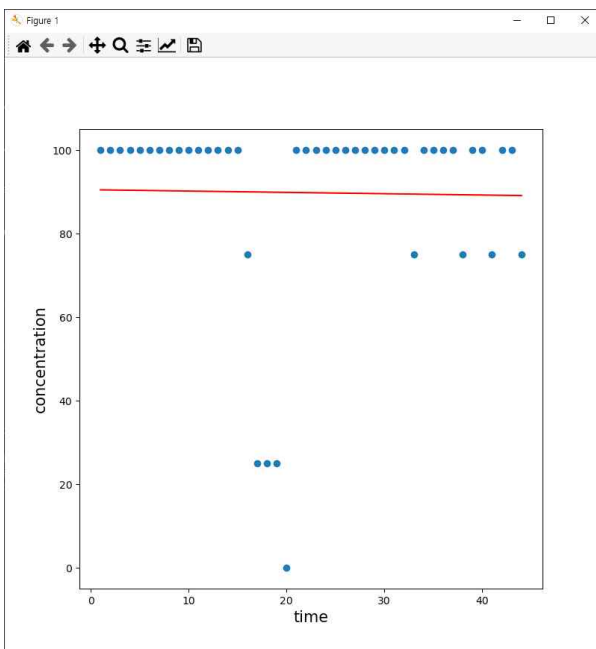
‘고개변화 감지’의 경우, 얼굴특징점 왼쪽 끝 2번과 코끝 30번의 유클리디안 거리와 코끝 30번과 오른쪽 끝 14번의 유클리디안 거리를 비교하여 해당 비율의 비가 0.8 이상 차이날 때 다른곳을 바라보고 있다 판단한다.

### 3.2 시스템 구현



[그림 3] 집중도 감지 적용

데이터 저장은 pandas를 사용하여 1초 단위로 저장한다. 화면에는 5초 단위로 현재 집중도를 출력하여 변화되는 학습자의 집중도를 확인할 수 있다. 기본 100점에서, 하품 감지, 고개 변화, 졸음의 세 경우에 따라 점수가 차감되도록 한다. 하품의 경우 50점, 고개 변화의 경우 25점, 졸음의 경우 집중을 하고 있지 않다고 판단하여 100점을 차감한다.



[그림 4] 프로그램 종료 시,  
시간에 따른 학습자 집중도 제공

프로그램 종료시 매트랩 라이브러리와 pandas를 사용해 저장한 데이터를 이용하여 학습자에게 시간에 따른 집중도 변화를 직관적으로 보일 수 있도록 그래프 형태로 출력하여 제시한다. 향후 집중도가 낮아 복습이 필요한 구간과 점수가 아닌 등급화를 통하여 학습자에게 제공할 계획이다.

### 4. 결론

본 문서에서는 학습자의 학습 집중도를 분석하여 집중도가 떨어진 구간을 학습자에게 제공하는 서비스를 제안하였다. 실시간 Live Feed 영상에 적용가능하며 비대면 학습과정에서 학습자의 얼굴 탐색 및 변화 감지 데이터를 산출하고 시간에 따라 데이터를 저장한다. 얼굴 특징점을 기반으로 눈 깜빡임, 하품, 고개 숙임 값을 확인할 수 있다. 결과값을 도출하여 집중도가 떨어진 구간을 알려 비대면 학습에 기여할 수 있도록 한다.

### 참고 문헌

- [1] 홍성연 외 1명, 코로나19로 인한 비대면 원격교육환경에서 학습성과 영향 요인 분석, 한국교육공학회, 2020
- [2] 이용상 외 1명, 코로나19로 인한 언택트 시대의 온라인 교육 실태 연구, 한국교육과정평가원, 2020
- [3] 김변곤 외 3명, 집중도와 뇌파의 상관관계 분석, 한국정보통신학회, 2016
- [4] P. Viola and M.J. Jones, "Robust real-time object detection," International journal of computer vision, vol. 52, No. 2, pp. 137-154, 2004.
- [5] J. Friedman, T. Hastie, and R. Tibshirani, "Additive Logistic Regression: A statistical View of Boosting," The Annals of Statistics, vol. 28, No. 2, pp. 377-407, 2002.
- [6] C. Garcia and G. Tziritas, "Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis," IEEE Transactions on multimedia, 1999.
- [7] dlib : <http://dlib.net/>