

실시간 온라인 수업 수강자들의 집중력 기반 복습 지원 도구의 설계 및 구현

김태환* · 조대수** · 박승민**

Design and Implementation of a Concentration-based Review Support Tool for Real-time Online Class Participants

Tae-Hwan Kim* · Dae-Soo Cho** · Seung-Min Park**

요 약

최근 팬데믹으로 인하여 대부분의 교육 시스템은 비대면 강좌를 통해 이루어지고 있다. 비대면 강좌는 대면 강좌와는 달리 수강자들이 집중을 유지하는데 더욱 어려우며, 평가 목록 중 하나인 수업 태도에 대한 교수자의 평가 또한 어렵다. 본 논문에서는 비대면 강좌에서 사용할 수 있는 실시간 화상 강의에서 수강자들의 집중력 기반 복습 지원 시스템을 제안한다. 이 시스템은 기존의 화상 시스템에서 사용하는 장비를 이용하여 수강자의 얼굴, 동공 및 사용자 활동을 실시간으로 측정하여 이를 교수자에게 여러 가지의 형태로 수강자의 실시간 집중도 측정값을 전달한다. 동시에 집중도 측정값이 일정 수준보다 낮아지면 수강자에게 알림을 주며 동시에 강의의 타임스탬프를 기록해 주도록 한다. 이 시스템을 이용하여 교수자가 수업 시 실시간으로 수강자들의 수업 참여 여부 확인 및 수강자들의 수업 태도를 평가하는 데 도움을 주고 수강자들의 수업 능력을 향상 시켜 주도록 한다.

ABSTRACT

Due to the recent pandemic, most educational systems are being conducted through online classes. Unlike face-to-face classes, it is even more difficult for learners to maintain concentration, and evaluating the learners' attitude toward the class is also challenging. In this paper, we proposed a real-time concentration-based review support system for learners in real-time video lectures that can be used in online classes. This system measured the learner's face, pupils, and user activity in real-time using the equipment used in the existing video system, and delivers real-time concentration measurement values to the instructor in various forms. At the same time, if the concentration measurement value falls below a certain level, the system alerted the learner and records the timestamp of the lecture. By using this system, instructors can evaluate the learners' participation in the class in real-time and help to improve their class abilities.

키워드

Haar-Like feature, Haar Cascade, OpenCV, AI, Computer Vision
Haar-Like feature, Haar Cascade, OpenCV, 인공지능, 컴퓨터 비전

* 동서대학교 소프트웨어학과 연구원
(thh1233123@gmail.com, dscho@dongseo.ac.kr)

** 교신저자 : 동서대학교 소프트웨어학과

• 접수일 : 2023. 05. 02
• 수정완료일 : 2023. 05. 22
• 게재확정일 : 2023. 06. 17

• Received : May. 02, 2023, Revised : May. 22, 2023, Accepted : Jun. 17, 2023

• Corresponding Author : Dae-Soo Cho, Seungmin Park
Dept. of Software, Dongseo University,
Email : sminpark@dongseo.ac.kr

I. 서론

최근 팬데믹으로 인하여 대부분의 교육 시스템이 비대면 수업으로 전환되었다. 이전과 가장 큰 차이는 인터넷 강의 기반으로 '정보 기기'를 활용하는 것이다[1-2]. 교육부의 한국교육개발원에서 공개한 자료에 의하면 비대면 강좌의 수업 방법으로는 실시간 화상 강의가 31.5%, 사진 녹화 동영상 강의가 44.8%를 선택하고 있다[3].

이런 비대면 방식의 강좌는 방역 효과와 함께 수업내용과 수강자들의 학습정보를 기록 및 저장하여 추후 활용할 수 있고 시간과 공간적인 제약이 자유롭게 때문에 수업의 관리적 측면에서 효율성을 가지고 있다. 그러나 비대면 수업 시 고려되는 문제점으로 다음과 같은 두 가지가 있다. 첫째, 교수자가 학생들의 실시간 수업 참여 현황을 빠르게 파악하기에 어려움이 있다. 기존 대면 수업처럼 학생들의 얼굴을 한눈에 확인할 수 있는 것이 아니라 모니터 속의 화면을 통해서 확인해야 하기 때문에 학생들의 현재 수업의 이해도나 집중 정도를 한눈에 파악하기에 어려움이 있다.

둘째, 비대면 수업 진행 시 물리적으로 같은 공간에 있지 않기 때문에, 비교적 현장감이 낮아 다른 유혹에 빠질 가능성이 높다[4-5]. 그로 인해 수업내용을 놓칠 수 있으며, 실시간으로 피드백 받기 어렵고, 수업 내용을 다시 들을 수 있는 수단이 없다[6]. 이러한 문제점을 해결하기 위해 실시간 온라인 수업에서 수강자들의 집중도를 측정하여 수업 참여도 평가에 도움을 주는 동시에 집중도가 일정 수치 이상 내려갔을 때 수강자에게 알림을 주며, 각 집중도 단계별로 집중도가 변하는 시점을 저장함으로써 향후 수업내용을 복습하는 데 도움을 주는 시스템을 제안하고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같이 이루어져 있다. 2장에서는 관련된 연구 및 기술에 대하여 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 방법의 설계 방법과 구현에 대해서 살펴보고 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 관련 연구

2.1 객체검출을 위한 빠르고 효율적인 Haar-Like 피쳐 선택 알고리즘

Viola와 Jones에 의해 제안된 Haar-like feature와 AdaBoost에 기반한 객체검출 기술은 높은 정확도와 빠른 처리속도를 보여주어 많은 연구에서 응용되었다. Haar-like feature는 적분영상을 사용하면 빠르게 계산할 수 있으며, AdaBoost 알고리즘은 분별력이 가장 높은 피쳐를 선택하여 강분류기를 학습시키는 데 사용한다. Haar-like feature는 그림 1과 같이 두 개 이상의 인접한 사각형 영역들로 구성되며 그 값은 영역들 간의 밝기차로 정의된다 [7-8].

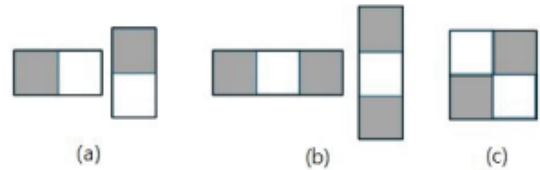


그림 1. Haar-like feature e. (a) 2개의 사각형으로 구성된 피쳐. (b) 3개의 사각형으로 구성된 피쳐. (c) 4개의 사각형으로 구성된 피쳐.

Fig. 1 Haar-like feature. (a) features made of 2 rectangles. (b) features made of 3 rectangles. (c) feature made of 4 rectangles

2.2 Haar Cascade와 DNN 기반의 실시간 얼굴 표정 및 음성 감정 분석기 구현

입력된 영상에서 정확한 얼굴 위치를 검출하기 위해 P. Viola와 M. Jones가 제안한 에이다부스트(Adaboost) 기반의 얼굴 검출 알고리즘인 Haar Cascade를 사용하였다. 이는 Positive Image (얼굴이 있는 이미지)와 Negative Image(얼굴이 없는 이미지)를 최대한 많이 사용한다. Haar Cascade의 특징으로는 이미지를 스캔하며 위치를 이동시키는 인접한 직사각형들의 영역 내부에 있는 픽셀들의 밝기 합을 이용하여 얼굴 영역을 검출해낸다. 검출된 얼굴 영역은 정사각형의 박스 형태로 나타난다[8-9].

III. 시스템 설계 및 구현

3.1 집중도

실시간 온라인 강의를 수강하는 자(수강자)가 강의에 집중하는 힘을 집중력으로 정의하고, 이 집중력을 일정한 기준에 따라 측정하여 그 정도를 지표화한 것을 집중도라 한다. 집중력은 특정 시점에 집중하고 있는지, 그렇지 않은지로 판단하며, 그 판단 기준으로는 첫째, 수강자가 화면을 잘 주시하고 있는지를 확인하기 위해 얼굴(또는 동공)이 화면을 바라보는 방향을 사용하며, 둘째, 수강자가 눈을 감고 있는지를 확인하기 위해서 수강자의 동공 개폐 여부를 사용한다. 화면을 바라보는 방향은 화면 정중앙을 기준으로 좌우 30도까지인 경우에 집중하고 있는 것으로 판단하며, 동공 개폐 여부를 확인하여 동공이 확인된 경우에 한해서 집중하고 있는 것으로 판단한다. 따라서, 특정 시점에서 집중하고 있다는 것은 수강자가 화면을 바라보고 있으며, 눈을 감지 않은 상태임을 의미한다.

본 논문에서는 집중력이 일정 시간 유지되고 있는 정도에 따라 집중도를 지표화하고 있으며, 그 정도에 따라 1단계에서 10단계로 표현한다. 집중도 1단계는 집중도가 가장 낮은 단계로써 일정 기간 계속해서 집중하지 않고 있음을 의미하고, 반면에 집중도 10단계는 집중도가 가장 높은 단계로써, 수강자가 일정 기간 계속해서 집중력을 유지하고 있음을 의미한다. 집중력은 주기적으로 측정하게 되는데, 측정결과에 따라 집중도가 1단계 상승 또는 하락하게 된다. 수강자가 화면을 바라보는 방향을 측정하기 위해서는 수강자가 화면의 정중앙을 바라보고 있는 정보를 그림 2과 같이 초기 설정해야 하며, 실시간 강의를 듣는 매체에 따라 초기 설정을 한 뒤, 그 화면을 계속 응시한다는 전제로 하고 설계하였다.

초기 설정은 강의를 듣는 수강자의 얼굴(또는 동공)의 방향이 매체마다 측정 기준이 다르기 때문에 수강자가 화면의 중앙과 양 끝을 응시해 설정하여 집중력 판단을 측정할 때 기준이 되게 한다. 수강자의 동공 개폐 여부를 측정하기 위해서는 수강자 얼굴 화면에서 동공의 좌표를 찾는 방식으로 설계하였다. 즉, 수강자 얼굴 화면에서 동공의 좌표가 측정되지 않으면 사용자가 눈을 감고 있는 것으로 판단한다.

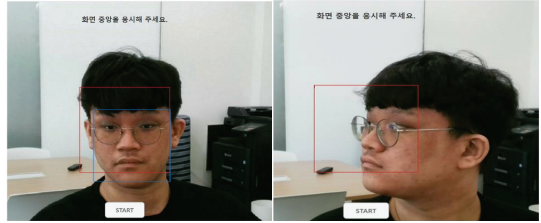


그림 2. 수강자 얼굴 방향 측정을 위한 초기 설정 (a) (측정 가능)

그림 2. 수강자 얼굴 방향 측정을 위한 초기 설정 (b) (측정 불가능)

Fig. 2 Initial setup for measuring the direction of the student's face (a) (measurable)

Fig. 2 Initial setup for measuring the direction of the student's face (b) (unmeasurable)

3.2 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 집중력 기반 복습 지원 도구는 그림 3와 같이 크게 두 가지 모듈로 구성된다. [집중력 측정 모듈]에서는 주기적으로 수강자들의 집중력을 측정하여 저장하고 [복습지원 모듈]에서는 저장된 집중력 정보를 기반으로 현시점에서의 집중도 단계를 책정하고 저장함으로써 향후의 수강자가 원하는 집중도 단계에서의 강의 내용 복습을 지원하게 된다.

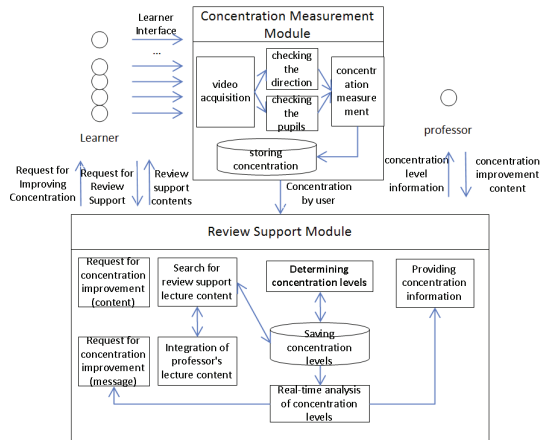


그림 3. 집중력 기반 복습 지원 도구

Fig. 3 Concentration-based review support tool

[집중력 측정 모듈]은 그림 4와 같이 구성되고, 주기적으로 수강자들의 화면을 입력받아 수강자의

얼굴과 동공이 측정되는지 확인 후 해당 시점의 집중력을 측정하게 된다.

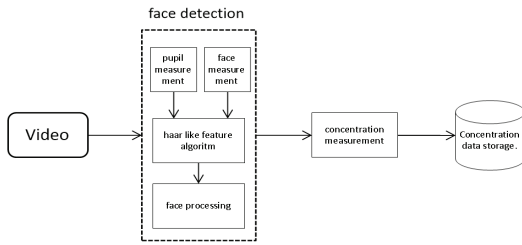


그림 4. 집중력 측정 모듈

Fig. 4 Concentration measurement module.

만약, 사용자가 연속해서 N회 이상 집중하고 있는 상태로 확인(인증 완료)되면 집중도의 단계가 상승하고, 반대로 N회 이상 집중하지 않은 상태(인증 실패)인 경우에는 집중도 단계가 하락하게 된다. [복습지원 모듈]에서는 이전의 집중도 단계를 기반으로 현재의 집중도 단계를 측정하게 되는데, 집중도 단계는 총 10단계로 구분되며, 10단계부터 8단계까지를 집중도가 높은 단계, 7단계에서 4단계까지를 집중도 변경(하락/상승)단계, 3단계부터 1단계까지를 집중도가 낮은 단계로 구분한다. 수집된 집중도 정보는 교수자에게는 수강자들의 집중도 정보를 제공함으로써 수업 참여 현황을 빠르게 파악하는 데 도움을 줄 수 있으며, 집중하지 않는(집중도 단계가 낮은) 수강자에게 퀴즈 등의 집중도 개선 콘텐츠로 수강자들의 집중도 개선을 요청할 수 있고, 또한 수강자들에게는 수강자들이 원하는 시간 (집중하지 않던 시간)의 강의 콘텐츠를 연계하여 복습지원 콘텐츠를 제공할 수 있다.

3.3 시스템 활용

본 논문에서 제안하는 집중력 기반 복습 지원 도구의 활용 방안은 그림 5과 같이 크게 세 가지 단계의 집중도 구간 단계의 변화에 따라 수강자와 교수자별로 나누어 구성된다. 교수자의 화면에는 수강자들의 얼굴 화면에 테두리가 보이는데, 테두리는 각 집중도 단계별로 다른 색으로 보이게 된다. 높은 단계는 투명색, 변경단계는 황색, 낮은 단계는 빨간색으로 설정하여 수강자들의 집중도를 직관적으로 파악할 수 있게 설계하였다. 또한 집중도 단계를 기

반으로 원하는 집중도의 단계의 강의 콘텐츠 시간을 저장하여 이후에 수강자들의 복습지원 모듈을 활용할 수 있게 설계하였다.

본 논문에서 제안하는 시스템을 사용해 교수자는 수강자들의 집중도를 한눈에 파악하여 수강자들의 집중상태를 개선시킬 수 있도록 도와주고, 수강자들에게는 집중도가 변화를 지속적으로 알려준다. 집중도 단계가 변할 때에는 주의 메시지를 발송함으로써 수강자가 집중도를 높일 수 있도록 도와준다. 특히, 집중도가 낮아지거나, 낮은 단계(하위 3단계)가 일정 기간 유지될 경우 집중도 개선을 위하여 교수는 퀴즈와 같은 집중도 개선 콘텐츠를 제공하여, 사용자에게 집중도 개선을 요청하게 된다.

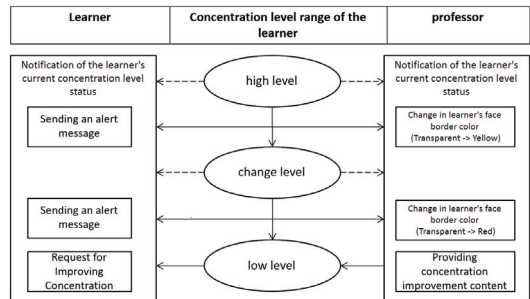


그림 5. 시스템 활용 방안

Fig. 5 System utilization approach

IV. 시뮬레이션 및 결과

4.1 실험 방법

제안한 기법의 구현을 위해 화상통화 시스템과 학습된 모델을 바탕으로 실시간 집중력 측정 프로그램 일부 구현하였다. 화상강의 시스템은 PlayRTC 라이브러리, 집중력 측정 모듈은 학습된 OpenCV에서 제공하는 기본 cascade 파일, Haar-cascade 알고리즘과 Hog-cascade 알고리즘 오픈소스, Python 3.6을 기반으로 구현되었고 이를 운용할 서버 환경은 AWS Linux 16.04를 통해 구현하였다. 그림 6은 최종적으로 구현된 화면이며 웹캠에서 데이터를 받아 이를 판별하여 현재 상태를 보여주는 화면이다.

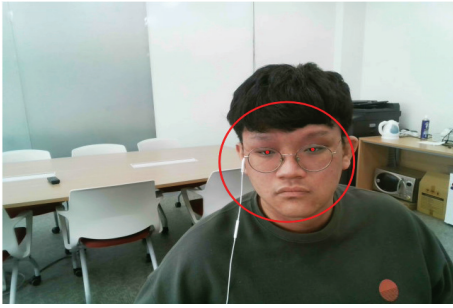


그림 6. 구현된 시스템 화면
Fig. 6 Implemented system screen

4.2 시스템 성능평가

성능평가를 위해 집중도 측정 정확도 판단 실험을 진행하였다. 실험 방법은 구현된 시스템에서 5분 동안 사용자 1명을 대상으로 측정된 값과 사용자 사진을 5초마다 기록한 후 기록된 측정값과 사진이 본 논문에서 정의한 방법과 일치 여부를 확인하는 과정을 통해 수행되었다. 실험결과, 표 1과 같이 Haar 알고리즘이 Hog 알고리즘보다 정확도는 4% 정도 떨어지지만, 객체 검출 능력은 Haar 알고리즘이 더 향상된 결과를 보였다. 따라서 Haar 알고리즘을 사용하여 시스템을 설계하였고, 집중도 판단 정확도는 약 69%로 확인하였다. 나머지 약 31%의 오차는 사용자의 안경 착용 여부, 웹캠 각도, 조명 빛으로 인한 동공 측정 오류로 인해 발생한 것으로 보여진다.

표 1. 알고리즘 별 성능 평가
Table 1. Performance evaluation of algorithms

	Acc	Recall	precision
Haar cascade	0.69	0.94	0.91
Hog cascade	0.73	0.90	0.89

수강자 집중도를 기반으로 하여 구현한 결과 온라인 수업에서 가장 두드러지는 특징으로 수강자가 현재 자신이 집중하고 있는지 확인할 수 있고, 또한 원하는 시점(수강자가 집중 못한 시점)의 강의 내용을 복습하기 위해 해당 시간을 저장하여 제공 함으로써, 수강자의 학습 성취도를 높인다는 효과를 확인할 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 실시간 온라인 수업 수강자들의 집중력기반 복습 지원 시스템의 설계 및 구현 시스템을 제시하였다. 별도의 장비를 갖추지 않고 기존에 가지고 있는 웹캠을 활용하여 얼굴 방향 및 동공의 방향을 측정해 집중도 여부를 교수자에게 알려줌으로써 교수자가 수업 시에 수강자들의 수업 참여 여부 즉, 수업 집중도 정도를 빠르게 확인하고 집중도를 개선 시킬 수 있는 새로운 방법을 제시한 점에 의의가 있다, 또한 수업을 듣는 수강자 1역시 자신의 집중도를 실시간으로 확인할 수 있어 강의에 집중을 못 하였다더라도 자신이 집중을 어디서부터 못하였는지 확인할 수 있고, 자신이 원하는 집중도에 해당하는 시간의 강의 내용을 복습할 수 있는데에 의의가 있다.

향후 개선 방향으로 측정에 대한 제약 조건 제거 및 개선, 정확성 향상, 사용자 인터페이스 개선 및 콘텐츠 다양화에 중점을 둔다.

감사의 글

이 논문은 2022년도 동서대학교 “Dongseo Cluster Project” 지원에 의하여 이루어진 것임 (DSU-2022002)

References

- [1] A. Kim, E. Kim, J. Jung, C. Kim, and S. Kang, "A study on changes in students' perceptions of the value of ICT use according to the post-COVID-19 era," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information, Gunsan, Korea*, vol. 25, no. 2, 2021, pp. 478-481.
- [2] Y. Baek, J. Oh, and H. Lee, "Design and implementation of reception systems for non-face-to-face medical services," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16 no. 5, 2021, pp. 975-980.
- [3] J. Choi and D. Cho, "Design and Implementation of Measuring Tool for the Degree of Focus o

n Real-Time Online Class," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information, Jeju island, Korea*, vol. 29, no. 2, 2021, pp. 565-566.

- [4] S. Lee, S. Yang, and H. Jung, "Teaching Programming through Project-based Learning in the COVID-19 Environment: A Case Study," *Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol 25, no. 11, 2021, pp. 1655-1662.
- [5] S. Lee, S. Yang, H. Song, and H. Jung, "A Case Study on the Development of VR Contents through Project-Based Learning in the COVID-19 Environment," *Proceedings of the Women in ICT Conference, Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Busan, Korea, 2021, pp.143-146.
- [6] Y. Hwang and C. Kim, "Perceptions toward non-face-to-face online class operations during the COVID-19 pandemic: Focusing on university students' satisfaction and anxiety," *The Linguistic Association of Korea Journal*, vol. 29, no. 1, 2021, pp. 71-91.
- [7] B. Jeong, K. Park, and S. Hwang, "Fast and efficient Haar-like feature selection algorithm for object detection," *Journal of the Korean Institute of Communications and Information Sciences*, vol. 38, no. 6, 2013, pp. 486-491.
- [8] C. Yoo, D. Seo, and Y. Jung, "Implementation of Real-Time Facial Expression and Voice Emotion Analyzer using Haar Cascade and DNN," *Journal of the Korean Institute of Computer Information*, vol. 29, no. 1, 2021, pp. 33-36.
- [9] H. Lee and Y. Park, "A study of Attendance Check System using Face Recognition," *The Journal of The Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 17, no. 6, 2022, pp. 1193-1198.

저자 소개



김태환(Tae-Hwan Kim)

2018년 ~ 현재 동서대학교 컴퓨터공학부 학사과정

※ 관심분야 : 기계학습, 영상처리, 데이터베이스



조대수(Dae-Soo Cho)

1995년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)
1997년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
2001년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2001년~2004년 ETRI 텔레매틱스연구단 선임연구원
2004년~현재 동서대학교 소프트웨어학과 교수

※ 관심분야 : GIS, 공간데이터베이스, LBS, 빅데이터, 사물 인터넷 등



박승민(Seung-Min Park)

2010년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업(공학사)

2019년 중앙대학교 대학원 전자전기공학과 석박사 통합과정 졸업(공학박사)

2019년 ~ 현재 동서대학교 소프트웨어학과 조교수

2021년 ~ 현재 산업인공 지능 표준화포럼 운영위원

2022년 ~ 현재 동서대학교 AI+X융합연구센터장

※ 관심분야 : 인공지능, 패턴인식, 뇌-컴퓨터 인터페이스, 기계학습.