

## 1. 얼굴 표정 기반 주의 저하 탐지 모듈

본 연구에서 제안하는 시스템은 웹캠을 통해 수집한 학습자의 얼굴 영상을 바탕으로, FACS 기반 Action Unit(AU) 분석을 수행하여 온라인 수업 중 집중도(주의 수준)를 추정한다. 시스템은 사전에 정의된 ‘주의 저하 패턴’(예: 시선이 화면에서 지속적으로 이탈, 하품·졸음에 해당하는 AU 활성화, 무표정·멍한 상태가 일정 시간 이상 지속되는 경우 등)을 기준으로, 특정 시간 동안 집중이 유지되지 않은 상태를 탐지한다.

구체적으로, 연속된 프레임에서 주의 저하 패턴이 약 10초 이상 지속될 때를 “집중도 저하 이벤트”로 정의한다. 이는 1번 논문에서 지나치게 잦은 알람이 오히려 학습 성취와 지속적 주의를 떨어뜨릴 수 있음을 보여준 결과를 반영하여, 단기적인 일시적인 시선 이탈이나 몸짓 변화에는 반응하지 않고, 일정 시간 이상 지속된 경우에만 개입하도록 한 것이다. 이렇게 함으로써, 시스템은 사소한 움직임이나 순간적인 산만함에 과민하게 반응하지 않도록 설계된다.

## 2. 비간섭적 팝업 인터페이스 설계

집중도 저하 이벤트가 감지되면, 시스템은 온라인 강의 화면의 외곽 영역에 작은 팝업을 띄운다. 이 팝업은 강의 화면 중앙을 가리거나 영상 재생을 자동으로 멈추지 않으며, 학습 흐름을 강제로 끊지 않는 선에서 최소한의 시각적 개입을 제공한다.

팝업에는 다음과 같은 안내 문구가 제시된다.

“혹시 잠깐 집중에 어려움이 있었을까요?”

그리고 그 아래에는 학습자가 직접 선택할 수 있는 두 가지 버튼이 함께 제시된다.

잠시 멈추겠습니다

아니요, 괜찮습니다

학습자가 잠시 멈추겠습니다를 선택할 경우, 시스템은 현재 재생 중인 온라인 강의를 일시정지하고, 학습자가 스스로 다시 재생 버튼을 누를 때까지 기다린다. 이때, 학습자는 잠시 자세를 고쳐 앉거나, 물을 마시거나, 눈을 쉬게 하는 등 스스로 필요한 휴식을 취할 수 있다. 반대로 아니요, 괜찮습니다를 선택할 경우, 강의는 중단 없이 계속 재생되며, 시스템은 해당 시점의 개입을 종료한다.

이와 같은 설계는 다음과 같은 선행연구의 시사점을 반영한 것이다.

2번 논문에서, 튜토리얼 영상 중 팝업이 떠도 학습 성취에는 유의미한 차이가 없고, 시선이 잠깐 팝업으로 이동한 뒤 다시 강의로 돌아온다는 결과를 바탕으로, 팝업 자체가 꼭 해롭지는 않지만 지나치게 크거나 학습 화면을 가리는 방식은 피해야 함을 고려하였다.

3번 논문과 5번 논문에서 EEG 기반 실시간 피드백이 주의와 자기효능감을 높이는 보조 장치로 작동함을 보여준 점을 반영하여, 팝업을 강한 경고가 아닌 부드러운 자기 점검(self-check)을 유도하는 메시지로 설계하였다.

4번 논문에서 학습자에게 통제권(control)을 부여하는 것이 인지 부하를 줄이고 깊은 이해를 돕는다는 이론을 근거로, 시스템이 일방적으로 “자동 일시정지”를 강제하는 대신, 학습자가 스스로 “멈출지 / 계속 들을지”를 선택하도록 설계하였다.

6번, 7번 논문에서 보여준 것처럼 동일한 일시정지라도 교육적 목적의 정지로 인식되면 덜 방해적으로 받아들여지고, 일정한 구간에서 제공되는 일시정지가 이해를 돕는 역할을 할 수 있음을 바탕으로, 팝업의 문구와 위치를 “학습을 돕기 위한 점검”이라는 방향으로 설계하였다.

또한, 팝업이 떠 있는 동안에도 강의는 기본적으로 계속 재생되며, 사용자가 버튼을 선택할지 여부는 전적으로 학습자에게 맡긴다. 이를 통해, 시스템 개입이 과도한 강제 개입이 아닌, 선택 가능한 도움으로 인식되도록 한다.

### 3. 개입 빈도 제어 및 사용자 설정 옵션

1번 논문에서 알람을 자주 받은 집단이 오히려 학습 성취와 지속적 주의에서 불리한 결과를 보였음을 고려하여, 본 시스템은 동일 학습자에게 과도하게 잦은 개입을 하지 않도록 개입 쿼타임을 둔다.

기본값으로, 한 번 팝업이 발생한 이후에는 최소 2분 동안 추가 팝업이 발생하지 않도록 제한한다.

다만, 학습자의 특성과 선호, 강의 길이·난이도에 따라 적절한 간격이 달라질 수 있기 때문에, 사용자 설정 메뉴에서 개입 간격을 5, 10, 15분 ... 단위로 직접 조절할 수 있도록 한다.

이를 통해, 집중도 저하가 자주 감지되는 학습자라 하더라도 시스템이 연속적으로 팝업을 띄워 학습을 방해하는 상황을 방지하며, 동시에 4번 논문에서 강조하는 “학습자의 통제권”을 다시 한 번 보장한다. 사용자는 자신의 학습 스타일에 맞추어, “조금 더 자주 확인받고 싶은지” 혹은 “가능한 한 개입을 줄이고 싶은지”를 선택할 수 있다.

이와 같은 빈도 제어는 2번·6번·7번 논문에서 나타난 결과인 팝업이나 일시정지가 무조건 성취를 떨어뜨리지는 않지만, 너무 잦거나, 맥락에 맞지 않거나, 학습자의 기대와 어긋날 경우 방해로 인식될 수 있음을 반영한 설계이다.

특히 6번 논문에서 일시정지의 위치가 “유용하다”고 느껴질수록 “덜 방해된다”고 보고한 점을 기반으로, 본 시스템은 주의 저하 시점이라는 맥락적으로 유의미한 지점에서만 팝업을 띄우고, 그렇지 않은 구간에서는 학습 흐름을 유지하도록 한다.

#### 4. 개입 목적 및 기대 효과

제안하는 시스템에서 팝업과 일시정지 기능은 성적을 직접 올리기 위한 강제 장치라기보다, 5번 논문이 보여주듯 주의 유지와 자기효능감 강화를 돕는 보조 장치로 위치 지어진다. 즉, 시스템의 1차적 목표는 다음과 같다.

집중도 자기 인식 촉진

FACS 기반 탐지 결과를 토대로, 학습자가 “지금 내가 집중이 흐트러지고 있구나”를 스스로 인식할 수 있도록 돕는다.

학습자 주도 휴식·재생 결정 지원

팝업에서 제시하는 두 가지 선택지를 통해, 학습자가 자신의 상태에 맞게 “잠시 멈춤”과 “계속 학습”을 스스로 결정하도록 지원한다. 이는 4번 논문의 학습자 통제권과 7번 논문의 ‘유의미한 일시정지’ 개념을 반영한 것이다.

주의 유지와 학습 경험의 질 향상

3번·5번 논문에서 확인된 것처럼, 적절한 실시간 피드백은 주의와 자기효능감을 향상시킬 수 있다. 본 시스템은 거기에 더해, 1번 논문에서 드러난 “알람 과다의 역효과”를 피하기 위해 개입 빈도를 제어하고, 2번·6번·7번 논문을 참고하여 위치·타이밍·문구 측면에서 덜 방해적인 형태의 개입을 설계하였다.

향후 실험에서는, 제안한 시스템을 적용한 집단과 그렇지 않은 집단을 비교하여

평균 주의 수준(예: AU 기반 지표),

학습 성취(테스트 점수),

자기효능감 및 주관적 학습 경험(설문),

팝업/일시정지에 대한 인식(방해 정도, 도움 정도, 통제감 등)

을 종합적으로 평가함으로써, 제안된 방법론의 효과성을 검증할 수 있다.