

교육용 에이전트의 역할과 설계원리 탐색: 2D, 3D 학습환경을 중심으로

이 경 민¹ · 최 재 연² · 손 지 현¹ · 김 민 영² · 신 윤 희^{3*}

¹한양대학교 교육공학과 박사과정

²한양대학교 교육공학과 석사과정

³한양대학교 교육공학과 조교수

Exploring the Role and Design Principles of the Pedagogical Agent: Focusing on a 2D-3D Learning Environment

Kyung-Min Lee¹ · Jae-Yeon Choe² · Ji-Hyun Son¹ · Min-Young Kim² · Yoon-Hee Shin^{3*}

¹Doctoral Course, Department of Educational Technology, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

²Master Course, Department of Educational Technology, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

³Assistant Professor, Department of Educational Technology, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

[요 약]

교육용 에이전트는 동기 부여와 학습 성과 향상에 긍정적 영향을 미칠 수 있으나, 부적절한 설계는 주의를 분산시키고 불필요한 인지 부하를 초래할 수 있다. 따라서 교육용 에이전트 도입 현황을 탐색하고 적용된 설계 원리를 검토하는 것이 필요하다. 본 연구는 ‘PACU(pedagogical agents-conditions of use model)’ 프레임워크를 활용하여 2D-3D 학습환경에서의 교육용 에이전트 설계 및 적용 현황을 탐색하였다. 2018년~2022년 발표된 영문 논문 중 교육용 에이전트 관련 논문 49건을 학습환경, 역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서의 4가지 기준으로 분석하였다. 그 결과, 대부분의 연구(44건)는 2D 학습환경 기반이었으며, 3D 학습환경에 대한 연구(5건)는 상대적으로 부족함을 발견하였다. 본 연구는 교육용 에이전트의 설계원리를 학습환경과 구현방법에 따라 분석함으로써 세분화된 교육용 에이전트 설계연구에 대한 필요성의 근거를 제공할 것으로 기대한다.

[Abstract]

Educational agents can positively influence learners' motivation and performance, but poor design may cause distractions and cognitive overload. Therefore, exploring the implementation and design principles of educational agents is crucial. This study used the PACU framework to investigate the design and application of educational agents in 2D and 3D learning environments. We analyzed 49 English-language scholarly articles published between 2018 and 2022 based on learning environment and role, appearance, and social cues. Most studies (44) focused on 2D environments, whereas research (5) on 3D environments is limited. We expect to provide evidence of the need for detailed pedagogical agent design research through the analysis of the design principles of pedagogical agents according to learning environments and design methods.

색인어 : 교육용 에이전트, 3D 학습환경, 2D 학습환경, 체계적 문헌고찰, 설계원리

Keyword : Pedagogical Agent, 3D Learning Environment, 2D Learning Environment, Systematic Literature Review, Design Principles

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2024.25.8.2091>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 June 2024; Revised 09 July 2024

Accepted 25 July 2024

*Corresponding Author, Yoon-Hee Shin

Tel: +82-2-9704-7852

E-mail: yooneheeshin@hanyang.ac.kr

1. 서론

기술의 발전으로 멀티미디어 학습환경에서의 교육용 에이전트(PA; pedagogical agent)의 접근성이 높아지면서 활용도가 높아지고 있다[1]. 멀티미디어 학습환경에서의 교육용 에이전트는 실제 인간과 비슷하게 언어, 제스처, 움직임, 표정 등을 포함하여 설계하고 학습을 지원하는 목적이 있으며[2], 단순한 텍스트 전달부터 동적인 애니메이션을 포함하는 복잡도까지 다양하게 사용되고 있다[3].

선행연구에 따르면, 교육용 에이전트가 학습에 도움이 된다는 사실은 이미 여러 연구를 통해 입증되었다[4]. 구체적으로는 교육용 에이전트가 학습자의 동기와 흥미 향상에 긍정적인 영향을 미치고[5] 성과 향상에도 도움을 준다고 밝혔다[6]. 특히 몰입형 가상현실(VR; virtual reality) 기반의 시뮬레이션 학습환경에서 에이전트를 사용했을 때, 학습 방향을 유도하고 학습자의 다양한 활동을 이끌어낼 수 있는 효과가 있다[7]. 그러나 교육용 에이전트가 학습자에게 주의분산효과(Split-Attention Effect)를 발생시켜[2] 불필요한 인지부하가 발생한다[8]는 반대의 연구결과도 제시되었다. 사회적 단서 측면의 선행연구 또한 마찬가지로 일관되지 않은 연구 결과가 있다. 그 예로, 교육용 에이전트의 사회적 단서는 학습자의 긍정적인 감정과 내재적 동기를 증가시키고 학습성까지 향상된다[9]고 밝혔지만 Guo와 Goh[10]의 연구에서는 에이전트가 학습자의 흥미와 동기를 증가시키지만 이것이 학습 결과까지 영향을 미치지 않는다고 주장했다. 이처럼 교육용 에이전트의 제시 여부 및 사회적 단서 설계에 대해서 모든 연구가 동일한 결과를 보인 것은 아니다.

교육용 에이전트를 모델링하고 애니메이션화하는 것에는 많은 기술적 비용과 시간이 들기도 하며 제시 형태의 구체화 정도에 따라 학습자에게 부정적인 학습경험을 제공할 수도 있어 상황에 따라 적절한 설계가 필요하다. 또한 3D 학습환경이라는 학습공간에서 학습자가 직면하는 어려움이 있을 수 있다[11]. 구체화 된 에이전트를 제공했을 때 덜 구체화 된 에이전트를 제공했을 때보다 학습 결과가 낮아진다는 결과[12]는 에이전트 설계 시 무조건 많은 요소와 구체화 된 설계를 하는 것이 늘 긍정적 결과를 내지 못할 수도 있다는 것을 의미한다. 그리고 사회적 에이전시 이론(Social Agency Theory)에 따르면 매력적이지 않은 사회적 단서를 가진 에이전트의 경우 학습을 방해하는 역할을 하기 때문에[13] 학습환경과 상황에 맞는 에이전트 설계가 필요하다. 멀티미디어 학습환경에서 에이전트를 사용할 때 단순히 제시하는 것뿐만 아니라 외형, 음성, 사회적 상호작용 등에 대한 설계적인 고려도 동반해야 한다는 것[13]을 뜻한다. 이렇게 3D 학습환경의 교육용 에이전트의 설계원리에 대한 필요성이 제시되는 상황임에도 불구하고, 기존 에이전트의 설계원리를 3D 학습환경에 적용하여 효과성을 확인하거나 개발하는 연구는 부족한 상황이다. 3D 학습환경에서의 에이전트 설계원리를 개발하기 위해서는 기존 2D 학습환경에서 활용된 설계원리에 대해

탐색하고, 3D 학습환경의 에이전트 설계에서도 해당 원리들이 적용되어 연구가 진행되고 있는지 확인해야 할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 Heidig와 Clarebout[14]가 제시한 교육용 에이전트 활용 조건 모델(PACU; pedagogical agents-conditions of use model) 프레임워크를 활용하여 2D 및 3D 학습환경에 따라 구분하고 에이전트 연구 현황을 파악하고자 한다. 다음으로 각 학습환경에서의 교육용 에이전트 설계 시 사회적 단서, 외적 단서, 역할 단서 적용 현황을 세부적으로 탐색하고 다양한 에이전트 설계 연구 필요성에 대해 제시하고자 한다.

<연구문제 1> 2D 학습환경에서의 교육용 에이전트 설계 시, PACU 설계원리(역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서)가 적용되고 있는 현황은 어떠한가?

<연구문제 2> 3D 학습환경에서의 교육용 에이전트 설계 시, PACU 설계원리(역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서)가 적용되고 있는 현황은 어떠한가?

II. 이론적 배경

2-1 가상세계 학습환경에서의 교육용 에이전트

1) 가상세계 학습환경: 2D, 3D 학습환경

가상현실은 텍스트 기반 VR, 비몰입형(데스크톱형) VR, 몰입형 VR로 분류할 수 있다. 텍스트 기반 VR은 웹 기반 학습을 포함하는 개념이며 비몰입형 또는 몰입형 VR은 모델링된 물체를 3D 공간에서 동적으로 렌더링 되는 형태를 포함하는 개념이다[15]. 3D 학습환경의 특징은 학습자가 가상공간을 자유롭게 이동할 수 있고 사용자의 조작에 따라 학습환경의 뷰가 변화된다는 점이다[16]. 따라서 텍스트 기반의 웹 학습환경은 2D 학습환경, 3D 모델링 객체가 3D 공간에 배치되는 학습환경은 3D 학습환경으로 볼 수 있다. 3D 학습환경에서 학습하는 것은 학습 결과에 긍정적인 영향을 미치기도 한다. 치의대 학생들을 대상으로 실습을 진행한 선행연구에서는 3D 학습환경에서 학습한 학습자가 2D 학습환경에서 학습한 학생들보다 더 나은 결과를 보였으며, 90% 이상의 학습자가 3D 학습환경을 선호하는 것으로 나타났다[16]. 다만, 학습자 개인적 특성에 따라 공간감, 멀미 등의 사유로 3D 학습환경에서의 학습 자체를 어려워하는 경우도 있다. 특히 몰입형 VR의 경우 더 높은 인지부하를 발생시켜 학습 효과가 낮아진다는 연구결과가 있으며[17], 이는 낮은 인터페이스로 인한 결과일 수 있다[18]. 이와 같은 학습환경 특성상의 문제를 최소화하기 위하여 3D 학습환경을 설계할 때도 여러 가지 문제들을 고려하여 설계해야 하지만 3D 환경에서의 설계방법, 학습전략 등에 대해 초점을 맞춘 연구는 매우 제한적인 상황이다[19]. 특히 비디오나 웹 기반의 플랫폼에서의 교육용 에이

전트 설계를 비교한 많은 연구에서 다양한 연구결과를 내고 있지만[20]-[23], 3D 학습환경인 비몰입형 VR, 몰입형 VR에서의 에이전트 설계 관련 연구는 부족한 상태이다.

2) 교육용 에이전트

멀티미디어 학습환경에서의 교육용 에이전트는 실제 인간과 비슷하게 언어, 제스처, 움직임, 표정 등을 포함하여 설계하고 학습을 지원하는 목적이 있으며[2], 제시된 학습자료에 대한 이해를 촉진하기 위해 학습화면 위에 렌더링하여 제시하는 캐릭터 형태의 가상 교수자이다[24]. 이는 단순한 텍스트 전달부터 동적인 애니메이션을 포함하는 것까지 다양한 형태로 사용되고 있다[3]. 2000년대 초반에는 동기부여 측면에서 에이전트의 효과에 대한 긍정적인 결과가 다수 제시되었으나[24],[25], 어떤 유형의 에이전트가 학습자에게 자연스럽게 받아들여지고 실제와 어느 정도로 유사해야 하고 어떤 역할을 부여하여 제공해야 하는지에 대한 문제는 지속적으로 제기되고 있다[26].

Maloney[27]에 따르면, 가상 학습환경에서 학습자와 에이전트 간 발생하는 상호작용은 기존 멀티미디어 학습환경에서의 상호작용과 차이가 있다. 가상 학습환경에서는 학습자가 에이전트의 비언어적 요소에 의해서 영향을 받으며[27], 이는 에이전트를 설계할 때 비언어적 요소인 제스처, 표정, 움직임 등의 사회적 단서를 고려하여 학습자와의 상호작용 및 실재감을 촉진할 수 있다는 것을 시사한다. 특히, 메타버스와 같은 3D 학습환경에서는 에이전트를 통한 언어적 상호작용뿐만 아니라 에이전트의 위치와 비언어적 단서에 의해서도 영향을 받는다. 즉, VR 학습환경에서는 아바타의 수, 공간배치 등에 따라 사회적 상호작용 및 성과가 다르고[28] 학습자의 위치, 공간적 변형, 설계된 환경에 따라서 학습자의 기억에 영향을 미친다. 따라서 3D 학습환경에서의 에이전트는 2D 학습환경에서의 에이전트와 구분하여 연구되어야 할 필요가 있다.

2-2 에이전트 설계를 위한 PACU와 단서(Cue)

1) 교육용 에이전트 활용 조건 모델(PACU)

Heidig와 Clarebout[14]는 교육용 에이전트의 분석을 위해 PACU 프레임워크를 제안했다. PACU 프레임워크는 그림 1과 같이 교육용 에이전트가 ①구현되는 학습환경 및 학습영역, ②학습자 특성, ③교육용 에이전트로 구성된다고 정의하고 있으며, 세 번째 교육용 에이전트 조건의 경우 ㉠교육용 에이전트의 기능 ㉡교육용 에이전트의 설계 두 가지 측면으로 세분화하여 제시하였다. 이렇게 제안된 PACU 프레임워크를 통해 Heidig와 Clarebout[14]는 관련 선행연구를 설계원리 기준으로 논문을 분류하였고 이에 따른 학습자 동기부여 및 학습성과 효과성을 확인하였다. 이후, Peng와 Wang[29]는 교육용 에이전트가 혼용되어 분류되고 있는 기능 측면과 설계 측면을 명확하게 구분하기 위해 ①학습환경, ②학습자 특성, ③ 에이전트의 역할 단서, ④외적 단서, ⑤사회적 단서

로 세분화하여 프레임워크 세부요소를 제안하였다. 에이전트 설계 시 PACU 프레임워크를 참고하면 일관된 설계 방식으로 교육용 에이전트를 개발하는 것에 도움을 받을 수 있고 다양한 환경에서 에이전트를 어떻게 설계해야 하는지 구체적으로 고민할 수 있게 한다. 따라서, 본 논문에서는 멀티미디어 학습환경 종류에 따라 에이전트 설계원리를 분석하는 것을 목적으로 하고 있어, PACU 프레임워크의 다섯 가지 설계 요소 중 학습환경을 기준으로 분류한 후 교육용 에이전트의 3가지 단서(역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서)를 기준으로 분석하였다.

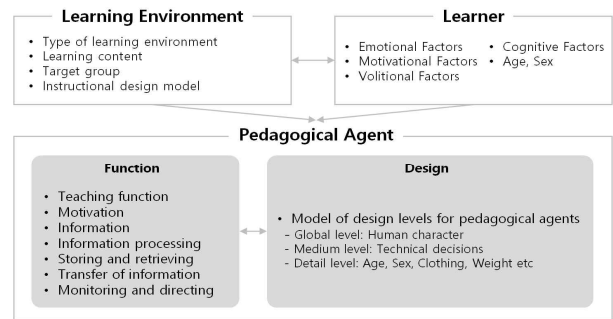


그림 1. PACU 프레임워크 (Heidig & Clarebout, 2011)

Fig. 1. PACU Framework (Heidig & Clarebout, 2011)

2) 교육용 에이전트의 환경 단서

환경 단서는 에이전트를 삽입하는 학습환경의 세부 사항을 의미하며 학습 내용(과목, 주제 등), 환경, 인터페이스, 학습 속도 등을 포함한다. 에이전트가 인터페이스의 밖에 물리적으로 존재하는 것과 인터페이스 안에 존재하는 것에 따라 학습 환경이 달라지고, 학습 속도는 학습자가 적응적으로 학습 시간과 학습경로를 선택할 수 있는지 설명하여 구분할 수 있다. 에이전트는 대부분 단일 인터페이스(웹, 비디오 화면)에 존재했지만 VR 기술의 발전에 따라 헤드마운트 등 기기를 통해 현실과 유사한 환경에서 존재하거나 학습자의 조작에 따라 뷰를 이동시키는 인터페이스에 존재하기도 한다. 본 논문에서는 환경에 초점을 맞춰 ‘3D 객체를 포함’하고 ‘학습자가 학습 공간을 스스로 조작’하여 움직임과 뷰를 이동시키는 3D 학습 환경과 비디오 및 웹 기반으로 된 2D 학습환경으로 구분하여 학습환경을 확인하고자 한다.

3) 교육용 에이전트의 사회적 단서(Social Cue)

사회적 단서는 교육용 에이전트의 사회적 행동과 이를 통한 효과를 의미한다. 사회적 대리이론(Social Agency Theory)에 따르면, 교육용 에이전트의 사회적 단서는 학습자의 인지처리를 도와 학습자료를 더 깊게 이해하고 동기를 부여하는 효과가 있다[5],[30]. Mayer[31]가 제안한 인지정서모델(Affective-Cognitive Model)에서도 에이전트의 긍정적인 감정을 통해 학습자와 교수자의 사회적 관계가 형성되고, 이는 학습자의 학습 노력, 결과에 긍정적인 영향을 미친다.

다고 제시하고 있다. 사회적 단서는 몸짓, 표정, 음성, 개인/문화적 특성 등을 포함하고 적절한 사회적 단서를 포함한 에이전트는 학습자의 인지처리를 강화시켜 의미 있는 학습이 가능하도록 돕는다[30]. 주로 개인화 원리(Personalization principle), 음성 원리(Voice principle), 구현 원리(Embodiment principle)에 기반하여 사회적 단서를 설계한다. 개인화 원리는 대화 형식에서 주로 사용되며 ‘당신’과 같은 단어를 포함하여 사회적 지위를 인식할 수 있도록 도와 깊은 인지처리를 지원한다. 음성 원리는 TTS(Text-To-Speech)와 직접녹음 방식에 따라 효과성이 달라지기도 하며[32], 부정적인 사회적 단서가 없는 녹음 음성이 기계 음성보다 우수하다[30]고 보고했다. 구현 원리는 에이전트의 제스처와 표정을 설계하여 에이전트의 효과성을 높일 수 있다. 절차적 학습활동에서 제스처가 없는 에이전트에 비해 제스처가 있는 에이전트에 대한 학습자 만족도가 유의미하게 높았고, 제스처 빈도가 높을수록 학습 결과도 유의미하게 증가하였다[33].

이처럼 에이전트의 사회적 단서에 대한 선행연구는 다수 진행되고 있으며 에이전트의 음성, 몸짓, 신체 위치, 얼굴 표정에 따라 학습자의 만족도 및 학습 결과가 다르게 나타나 에이전트 설계 시 중요하게 고려하여야 한다. 다만, 학습상황이 복잡해지고 에이전트의 사회적 단서가 무분별하게 사용될 경우 불필요한 인지부하가 증가하고 3D 모델링 에이전트를 구현할 때 현실적인 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 각 학습환경에 맞는 사회적 단서를 적용하여 구현할 필요가 있다.

4) 교육용 에이전트의 외적 단서(Appearance Cue)

외적 단서는 에이전트의 외향적 설계를 뜻하며 인간/동물/식물/비생물학적 스타일 등으로 세분화하여 분류할 수 있다. 이전 연구에 따르면[34], 과학 분야는 과학자 형태의 에이전트, 디자인 분야를 예술가 형태의 에이전트가 학습에 효과적이라고 밝힌 바 있다. 이처럼 외적 단서는 시각적인 요소뿐만 아니라 문화 및 사회적 차이를 반영하는 요소가 되기도 하며, 학습에 영향을 미친다는 것을 확인할 수 있다. 그러나 이러한 외적 단서가 정서 및 인지 과정에 미치는 영향에 대해서는 관심이 부족한 상황이다[35]. 후에 외적 단서는 PALD (pedagogical agents levels of design; 교육용 에이전트 설계수준) 프레임워크라는 보다 세분화된 프레임워크를 통해 인종, 성별, 나이, 신체, 외모 등을 세분화하기도 하였다. 본 논문에서는 에이전트의 형태(인간형, 의인화형), 모델링(2D 모델링, 3D 모델링, 실제 인간), 성별, 제시된 신체 사이즈(전신, 무릎, 상체, 얼굴)로 구분하여 분석하였다.

5) 교육용 에이전트의 역할 단서(Role Cue)

에이전트는 다양한 역할을 수행할 수 있으며 역할에 따라 학습효과에 미치는 영향이 다르기 때문에 이를 구분하여 분석하는 것이 중요하다[29]. PACU 프레임워크에서는 파트너, 정보제공자, 시험감독자, 지원자 4가지로 구분하여 제시

하고 있으나, 본 논문에서는 보다 세분화된 역할을 확인하기 위하여 ①교수자/내레이터/가이드스 ②협력지원자 ③전문가/멘토 ④메타인지적 제안자 ⑤자기보고 평가자 ⑥힌트/피드백/프롬프트 제공자 ⑦역할없음으로 총 7개의 유형으로 분류하고자 한다[36]. 자기보고 평가자는 학습자가 더블루프할 수 있도록 지원하고 피드백/프롬프트 제공자는 문제해결을 목표로 학습자를 지원한다. 에이전트의 역할을 정의할 때 가상 에이전트가 독립적으로 학습을 진행하는 것과 가상 에이전트와 실제 교수자가 협력하는지 여부에 따라 달라질 수 있다. 또한 에이전트가 감성 컴퓨팅 시스템을 기반으로 하는 경우, 정서적 지원을 강화한 에이전트 역할이 부여될 수 있다.

III. 연구 방법

3-1 분석 절차

본 연구는 Papamitsiou와 Economides[37]의 문헌 분석 절차에 근거하여 분류를 진행하였다. 분석 절차는 그림 2와 같이 ①주요 키워드로 문헌 분류 ②교육적 맥락의 문헌 분류 ③실험연구가 아닌 문헌 제외 ④교육용 에이전트 설계원리가 제시되지 않은 문헌을 제외하여 최종 선정하였다.

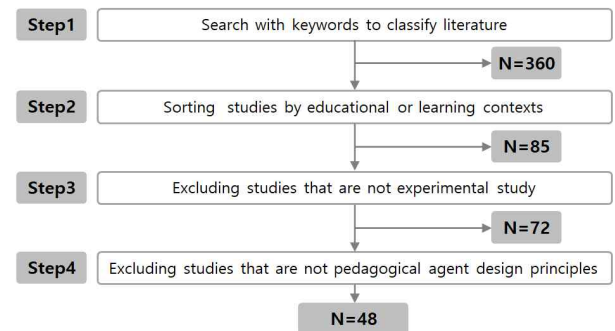


그림 2. 문헌 분석 절차
Fig 2. Literature Research Procedure

3-2 분석 대상

본 연구는 'Google Scholar', 'Web of Science', and 'ProQuest'의 논문 검색 시스템을 통해 대표 키워드인 'Pedagogical', 'Virtual', 'Agent', 'Tutor'를 조합하여 검색하였으며 2018년~2022년(5년간) 내 영문으로 게재된 학술지를 분류하였다. 선정된 문헌은 중복 제거 후 1차로 총 360건의 논문을 추출하였다. 2차는 초록 검토를 통해 교육적 맥락이 아닌 경우와 가상 에이전트가 아닌 실제 인간 교수자를 활용한 경우를 모두 제외하여 총 85건으로 정리하였다. 3차에서는 실험연구가 아닌 문헌을 제외하여 총 72건으로 정리하였으며, 4차에서는 교육용 에이전트 설계원리 요소에 대해 언급하지 않은 논문 또는 동일한 에이전트 설계를 제공하고 학

습자 특성에 따른 효과 차이를 확인한 문헌을 모두 제외하여 최종적으로 표 1과 같이 총 48건의 논문을 분석 대상으로 활용하였다. 연구자 4인이 각 문헌 분류한 후, 일치하지 않는 경우 협의의 통하여 3인 이상 의견이 일치할 수 있도록 하였다.

3-3 분석 기준

Heidig와 Clarebout [14]가 제안한 교육용 에이전트 설계 프레임워크인 PACU를 통하여 총 48건의 논문을 분석하였다. 1차적으로 표 1과 같이 학습환경에 따라 3D 학습환경, 2D 학습환경으로 분류하였다. 2D 학습환경은 플랫폼, 비디오 등 학습자의 움직임에 따라 화면의 뷰가 이동하지 않고 에이전트가 화면 인터페이스에만 존재하는 경우로 정의하였다. 3D 학습환경은 3D 모델링을 포함한 몰입형 VR, 비몰입형 VR(데스크톱 VR)으로 학습자가 스스로 화면의 뷰를 조작할 수 있는 경우로 정의하였다.

역할 단서의 경우, ①교수자/내레이터/가이던스 ②협력지원자 ③전문가/멘토 ④메타인지적 제안자 ⑤자기보고 평가자 ⑥힌트/피드백/프롬프트 제공자 ⑦역할없음으로 총 7개의 유형으로 분류하였고 외적 단서는 형태, 모델링 수준, 성별, 제시 크기로 분석하였다. 사회적 단서의 경우 표정, 감정, 음성, 제스처, 시선으로 구분하여 분석하였다. 역할 단서, 사회적 단서의 경우에는 단서의 유형이 중복으로 적용된 경우, 모두 집계에 포함하여 모든 단서를 포함할 수 있도록 하였다.

표 1. PACU 프레임워크에서의 4가지 단서(cue) 세부 유형
Table 1. Three cues type of PACU Framework

Cue	Type
learning environment	2D Learning environment (Platform, Video, etc) , 3D Learning environment(Immersive VR or desktop VR with 3D models)
Role cue	Instructor/Navigator/Guidance, Collaboration assistant, Expert/Mentor, MS(Metacognitive suggestion), Self-report measures, Hint/Feedback/Prompt
Appearance cue	Appearance, Modeling, Gender, Size
Social cue	Facial, Emotion, Voice, Gesture, Attention

IV. 분석 결과

4-1 연구 현황

총 48건의 논문을 PACU 프레임워크의 5가지 요소 중 학습환경을 기준으로 먼저 분류하였으며, 그 결과는 표 2와 같다. 2D 학습상황에서 에이전트의 설계원리를 포함한 실험연구는 44건으로 높은 비율을 차지하고 있으며 3D 학습상황에서의 관련 연구는 5건으로 매우 저조한 편이다. 에이전트 설계원리 포함하였는지 여부를 확인하는 분류 단계에서 제외된 논문들을 살펴보았을 때, 3D 학습상황에서 에이전트를 활용

하거나 제시한 논문은 다수 있었으나 설계원리를 적용하여 에이전트를 설계하고 이에 따른 학습 결과 및 학습자에 대한 영향을 측정하는 연구를 미비한 상태이다. 이는 3D 학습상황에서의 에이전트 설계원리에 대한 탐색과 논의가 부족한 상황이라는 것을 알 수 있다.

표 2. 학습환경에 따른 분류

Table 2. Classification of environment cue

Classification criteria	Content	Number
Classification of learning environment	2D Learning environment - Platform, Video, etc	44
	3D Learning environment - Immersive VR or desktop VR with 3D models	5
Total		49

4-2 PACU 프레임워크에 따른 분석 결과

1) 2D 학습환경에서의 에이전트 분석 결과

2D 학습환경에서의 에이전트 설계원리 관련 연구 44건을 역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서 위주로 아래와 같이 분류하였다. 역할 단서 측면은 ‘교수자/내레이터/가이던스’ 역할을 하는 에이전트가 31건으로 가장 많았으며 ‘힌트/피드백/프롬프트 제공자’ 역할의 에이전트는 15건으로 그 다음으로 많았다. 2D 학습상황에서 에이전트를 활용한 연구 중, Davis와 동료들[38]의 연구는 2D 학습환경 중에서도 플랫폼 형태를 사용하였고 해당 환경에서 애니메이션 에이전트가 교수자의 역할을 하면서 학습자의 메타인지 능력에 따라 다른 전략을 제공하였다. 이를 통해 학습자는 에이전트로부터 상황에 맞는 프롬프트를 제공받고 적응형 학습을 경험할 수 있다.

외적 단서 측면에서는 2D 학습환경임에도 불구하고 2D 모델링 에이전트는 13건으로 비교적 적었고 3D 모델링 형태의 에이전트가 28건으로 대다수를 차지하였다. 2D/3D 모델링 에이전트와 실제 사람 에이전트를 함께 제시하는 연구는 각 에이전트를 비교하기 위함임을 확인하였다. 3D 모델링 에이전트 제작 저작도구를 언급한 경우를 살펴보았을 때, 대체로 Unity 3D, iClone 7.1™을 사용하였다. iClone 7.1™ 저작도구는 애니메이션용 3D 캐릭터 제작 소프트웨어로 캐릭터의 표정, 제스처, 움직임을 표현하기에 적합하여 에이전트의 사회적 단서를 구현하는 것에도 용이한 것으로 보인다. 성별의 경우 여성, 남성에는 큰 차이가 없었고 에이전트 제시 크기의 경우 상체(20건)와 전신(13건)이 다수로 확인되었다. 다만, 에이전트 설계 시, 성별과 제시크기를 선택한 근거에 대해 언급한 논문은 성별에 따라 학습자에게 미치는 영향을 확인하는 연구 외에는 별도로 언급한 논문이 없는 것으로 확인하였다. 이는 2D 학습환경에서도 에이전트를 제시하였을 때 외적 단서에 대한 고려와 근거가 부족하다는 것으로 볼 수 있다.

사회적 단서 측면에서는 제스처(19건)와 표정(14건)이 다

수 사용되었으며 전체 논문 중 20건의 논문이 2개 이상의 사회적 단서를 활용하고 있다. 5가지 사회적 단서를 모두 설계한 Lawson[39]의 연구를 살펴보면, 인간 교수자와 애니메이션 에이전트의 감정이 학습자에게 잘 전달되는지 확인하고 효과를 비교하고자 하였으며 이는 에이전트의 사회적 단서 설계에 대한 효과성과 필요성을 뒷받침하고 있다. 제스처의 경우에는 빈도, 유형을 활용하여 차이를 확인[38],[40]하기도 하고 에이전트의 형태(동물유형)와 제스처 습성의 일치[21]에 따른 영향을 확인하는 등 다양한 연구가 진행되고 있다. 목소리를 설계하는 경우에는 TTS와 녹음을 대체로 사용하고 있었으나 두 유형을 비교하는 연구 외에는 각 유형을 선택한 근거에 대해서는 명확하게 제시하고 있지 않은 경우가 많은 것으로 확인하였다.

표 3. PACU 프레임워크에 따라 2D 학습환경에서의 교육용 에이전트 분석결과

Table 3. Analysis results of educational agents in a 2D learning environment according to the PACU framework

Classification criteria	Type	
Environment	2D Learning environment	
Role cue	- Instructor/Navigator/Guidance (31) - Collaboration assistant (1) - Expert/Mentor (1) - MS: Metacognitive suggestion (2) - Self-report measures (0) - Hint/Feedback/Prompt (15) - Unknown (2)	
Appearance cue	Appearance	- Human character (28) - Aropomorphic character (15) - Human+Aropomorphic character(1)
	Modeling	- 2D modeling (13) - 3D modeling (28) - Real human (1) - 2D modeling+Real human(1) - 3D modeling+Real human(1)
	Gender	- Female (16) - Male (15) - animal (2) - mixed (3) - Unknown (4)
	Size	- Whole body (13) - Knee (3) - Upper body (20) - Face (3) - Unknown (5)
Social cue	- Facial (14) - Emotion (13) - Voice (15) - Gesture (19) - Attention (5)	

*If duplicate cue types are applied, aggregate them all.

2) 3D 학습환경에서의 에이전트 분석 결과

3D 학습환경에서 에이전트 설계원리를 확인할 수 있는 연구의 수가 절대적으로 적은 상황임을 확인하였으며, 이 중 3D 모델링을 적용한 연구는 5건이다. 사회적 단서 중 음성을 설계한 경우가 3건으로 가장 많은 설계원리로 사용한 것을 확인할 수 있다. 이는 3D 모델링으로 제작된 에이전트의 다양한 표현이 비교적 어려우며 사회적 단서 설계에 대해 보다 쉽게 접근할 수 있는 음성을 설계한 것으로 볼 수 있다.

표 4. PACU 프레임워크에 따라 3D 학습환경에서의 교육용 에이전트 분석결과

Table 4. Analysis results of educational agents in a 3D learning environment according to the PACU framework

Classification criteria	Type	
Environment	3D Learning environment	
Role cue	- Instructor/Navigator/Guidance (3) - Collaboration assistant (0) - Expert/Mentor (1) - MS: Metacognitive suggestion (0) - Self-report measures (0) - Hint/Feedback/Prompt (2) - Unknown (0)	
Appearance cue	Appearance	- Human character (3) - Aropomorphic character (1) - Human+Aropomorphic character(1)
	Modeling	- 2D modeling (0) - 3D modeling (5) - Real human (0)
	Gender	- Female (2) - male (2) - animal (0) - mixed (1) - Unknown (0)
Social cue	Size	- Whole body (4) - Knee (0) - Upper body (1) - Face (0) - Unknown (0)
	- Facial (2) - Emotion (1) - Voice (3) - Gesture (3) - Attention (2)	

*If duplicate cue types are applied, aggregate them all.

2D 학습환경에서의 에이전트 설계원리는 다수의 연구를 통해 반복적으로 효과를 확인하고 있으나 3D 학습환경에서의 에이전트 설계원리를 확인한 경우는 극히 드물다. 따라서, 3D 학습환경에서의 에이전트를 설계할 때 2D 학습환경에서 확인된 설계원리를 적용하여 효과성을 확인해야 할 필요가 있다. 특히, 사회적 실재감에 긍정적인 효과가 있는 몰입형 VR 학습환경의 경우 에이전트의 외적 단서 설계에 더 많은

연구를 진행하여 VR 환경에서 발생할 수 있는 부정적 결과를 최소화하는 노력이 필요하다[41].

V. 결론 및 시사점

본 연구는 2018년부터 2022년까지 5년간 교육 분야에서 교육용 에이전트의 설계원리를 적용하고 영문으로 게재된 논문에 대한 체계적 문헌 고찰을 진행하였다. 이를 통해 2D 및 3D 학습환경에 따른 교육용 에이전트 연구의 현황을 파악하고, 각 학습환경에서 교육용 에이전트 설계원리 적용 현황을 확인하여 다양한 학습환경에서의 교육용 에이전트 연구가 필요하다는 시사점을 도출하고자 하였다. 총 360건의 논문 중 최종적으로 49건의 논문을 PACU 프레임워크 기준으로 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 분류한 교육용 에이전트 관련 논문 72건 중 설계원리를 포함한 연구는 49건으로 다수가 에이전트의 설계원리에 대해 제시하고 있다. 다만, 2D 학습환경 연구가 44건으로 3D 학습환경 연구 5건에 비해 8배 이상 많은 것으로 확인되었으며, 3D 학습상황에서의 에이전트 설계원리에 대한 연구와 논의가 보다 적극적으로 이뤄져야 한다는 것을 확인할 수 있다. 2D 학습환경의 경우, 설계원리를 제시하였다고 하여도 그에 대한 근거를 제시한 경우는 많지 않다. 특히 교육용 에이전트의 사회적 단서 설계에 따른 효과를 확인하는 실험연구에서는 이에 해당하는 표정, 감정, 음성, 제스처, 시선이 어떻게 설계되었는지를 명시하고 있지만 형태, 디자인, 성별, 제시 크기, 목소리에 대해서는 명확하게 명시하고 있지 않은 경우가 많았으며 제시 크기와 성별의 경우에는 논문에서 제공하는 그림을 참고해야만 확인할 수 있는 경우도 있다. 교육용 에이전트의 외적 단서와 사회적 단서는 학습 결과와 만족도 등 학습에 영향을 미칠 수 있는 요인[33],[34]이기 때문에 실험 설계 시 유의하여 개발해야 하는 부분이다. 따라서, 교육용 에이전트를 활용한 연구를 진행할 때 에이전트의 외적 단서와 사회적 단서 설계에 대한 근거를 제시하여 명확한 에이전트 설계방법을 확인할 수 있도록 해야 할 필요가 있다.

둘째, 2D 학습환경에서 에이전트 형태를 3D 모델링으로 제시한 28건의 연구에서는 표정(11건)과 제스처(14건)를 사회적 단서로 다수 제시하였고, 2D 그래픽 형태로 제시한 경우는 13건 중 음성을 사회적 단서로 제시한 경우가 4건으로 높은 비율을 차지하는 것을 확인하였다. 이는 교육용 에이전트의 제스처, 표정 등 외적인 형태나 움직임이 설계되어야 하는 사회적 단서들은 3D 모델링 형태에서 더 다양하게 표현할 수 있기 때문에 2D 학습환경에서도 활용하는 빈도가 높은 것으로 보이며, 2D 모델링 형태의 에이전트보다 3D 모델링 형태 에이전트가 더 정확하고 효과적이라는 선행연구와 일치한다[42]. 그러나 3D 학습환경에서 사회적 단서의 효과를 확인하는 연구는 절대적으로 수가 적어 2D 학습환경에서 확인한

3D 모델링 형태의 에이전트 설계원리를 3D 학습환경의 에이전트에 적용하여 효과성을 재확인할 필요가 있다.

셋째, 두 학습환경 모두 ‘교수자/내레이터/가이드스’와 ‘인트/피드백/프롬프트 제공자’의 역할로 교육용 에이전트를 가장 많이 활용한 것으로 확인되었다. 위 두 역할이 다른 역할보다 월등히 많은 수를 차지하고 있으나 에이전트는 동기부여, 정보처리, 모니터링 등 더 다양한 교육적 기능 부여가 가능하다. 역할이 명확하지 않은 에이전트는 학습환경에서 필요한 요소가 아니며 이는 오히려 학습을 방해할 수 있기 때문에 에이전트의 역할을 명확하게 부여해야 할 필요가 있다[14]. 외적 단서와 역할 단서는 서로 적절한 결합을 통해 학습과 학생 행동에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으므로 반드시 고려해야 한다[9]. 위와 같은 결과를 바탕으로 학습환경에 따른 교육용 에이전트 설계와 관련된 연구를 위한 제언점은 다음과 같다.

첫째, 전반적으로 교육용 에이전트를 포함한 연구는 다양한 분야에서 진행 중이지만 설계원리와 그 근거에 대해 명확히 제시하는 경우가 많지 않아 이에 대한 필요성이 더욱 강조되어야 한다. 교육용 에이전트의 효과성에 대한 일관적이지 않은 연구결과를 살펴보았을 때 학습환경에 따른 에이전트의 효과를 더 다양하게 확인해야 할 필요가 있다.

둘째, Suh와 Prophet[43]의 선행연구에 따르면 몰입형 가상현실 분야의 연구 중 교육적 맥락의 연구가 절반에 가까운 정도로 교육과 밀접한 연관이 있다. 위에서 살펴본 교육용 에이전트 설계원리를 포함한 3D 학습환경의 연구 5건 모두 몰입형 가상현실 환경임을 확인하였다. 기술의 발전으로 학습환경 형태가 다양해짐에 따라 2D/3D 학습환경으로만 나누어 에이전트를 분석하는 것을 넘어, 비몰입형 VR 학습환경과 몰입형 VR 학습환경을 세분화하는 등 더 자세한 3D 학습환경에서의 에이전트 설계원리 차이에 대해서도 연구가 진행되어야 할 필요가 있다. 특히, 몰입형 가상현실 환경에서 긍정적 효과가 확인된 사회적 실재감뿐만 아니라 다양한 교육적 효과를 확인하기 위해 다양한 외적 단서 설계의 차이에 대한 논의가 필요로 하다.

넷째, 최근 교육적 맥락 연구에서 정서 및 동기와 같은 정서적 측면이 관심을 가지고 있는 만큼 이에 영향을 미치는 사회적 단서를 보다 세분화하여 설계하고 분석해야 할 필요가 있다. 교육용 에이전트는 표정과 제스처 같은 사회적 단서를 통해 긍정적/부정적 감정 뿐만 아니라 심리학 이론에 기반한 학업적 감정, 지속적 감정[44] 등 에이전트를 통해 전달할 수 있는 감정에 대해 탐색해 볼 수 있는 가능성이 있다. 특히, 3D 학습환경에서는 표정과 감정과 같은 사회적 단서 설계의 교육적 영향력과 설계원리 차이를 탐색하는 실증적 연구가 추가적으로 진행될 필요가 있다.

마지막으로 본 연구에서는 학습환경에 따른 교육용 에이전트의 설계원리 적용 현황에 대해 살펴보았다. 이를 통해 2D 학습환경에서 교육용 에이전트 설계 시 역할 단서, 외적 단서, 사회적 단서가 어떻게 설계되고 있는지를 알아보고 적은 수

의 연구지만 3D 학습환경에서의 에이전트 설계 관련 연구도 살펴봄으로써 2D 학습환경에서 확인된 설계방법을 3D 학습 환경에 적용하여 확인해야 할 필요성에 대해 제시하였다. 하지만 2D 학습환경을 ‘플랫폼’, ‘비디오’ 등 다양한 형태의 학습 환경에 따라 세부적으로 구분하지 않았다는 점에서 한계점이 있다. 그러나 학습환경에 따른 교육용 에이전트의 설계원리에 대해 PACU 프레임워크를 기준으로 세분화하여 분석한 결과는 추후 교육적 맥락에서 각 학습환경의 특성에 맞게 교육용 에이전트 설계원리를 적용해야 한다는 필요성을 뒷받침할 수 있었다. 또한 3D 학습환경에서의 에이전트 관련 연구가 설계원리 측면에서 보다 다양하게 이뤄져야 하는 필요성의 근거가 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] W. L. Johnson, J. W. Rickel, and J. C. Lester, “Animated Pedagogical Agents: Face-to-Face Interaction in Interactive Learning Environments,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 11, No. 1, pp. 47-78, 2000.
- [2] J. Sweller, P. Ayres, and S. Kalyuga, *The Modality Effect*, in *Cognitive Load Theory*, New York, NY: Springer, ch. 10, pp. 129-140, 2011. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4_10
- [3] N. L. Schroeder, O. O. Adesope, and R. B. Gilbert, “How Effective are Pedagogical Agents for Learning? A Meta-Analytic Review,” *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 49, No. 1, pp. 1-39, July 2013. <https://doi.org/10.2190/EC.49.1.a>
- [4] J. C. Castro-Alonso, R. M. Wong, O. O. Adesope, and F. Paas, “Effectiveness of Multimedia Pedagogical Agents Predicted by Diverse Theories: A Meta-Analysis,” *Educational Psychology Review*, Vol. 33, pp. 989-1015, September 2021. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09587-1>
- [5] R. Moreno and R. E. Mayer, “Role of Guidance, Reflection, and Interactivity in an Agent-Based Multimedia Game,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 97, No. 1, pp. 117-128, February 2005. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.1.117>
- [6] A. L. Baylor and J. Ryu, “The Effects of Image and Animation in Enhancing Pedagogical Agent Persona,” *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 28, No. 4, pp. 373-394, June 2003. <https://doi.org/10.2190/V0WQ-NWGN-JB54-FAT4>
- [7] Y. Kim and A. L. Baylor, “Research-Based Design of Pedagogical Agent Roles: A Review, Progress, and Recommendations,” *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, Vol. 26, No. 1, pp. 160-169, March 2016. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0055-y>
- [8] S. Choi and R. E. Clark, “Cognitive and Affective Benefits of an Animated Pedagogical Agent for Learning English as a Second Language,” *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 34, No. 4, pp. 441-466, June 2006. <https://doi.org/10.2190/A064-U776-4208-N145>
- [9] T. W. Liew, N. A. Mat Zin, and N. Sahari, “Exploring the Affective, Motivational and Cognitive Effects of Pedagogical Agent Enthusiasm in a Multimedia Learning Environment,” *Human-Centric Computing and Information Sciences*, Vol. 7, No. 1, 9, December 2017. <https://doi.org/10.1186/s13673-017-0089-2>
- [10] Y. R. Guo and D. H.-L. Goh, “Evaluation of Affective Embodied Agents in an Information Literacy Game,” *Computers & Education*, Vol. 103, pp. 59-75, December 2016. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.09.013>
- [11] A. De Lucia, R. Francese, I. Passero, and G. Tortora, “Development and Evaluation of a Virtual Campus on Second Life: The Case of SecondDMI,” *Computers & Education*, Vol. 52, No. 1, pp. 220-233, January 2009. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.08.001>
- [12] S. D. Craig, B. Gholson, and D. M. Driscoll, “Animated Pedagogical Agents in Multimedia Educational Environments: Effects of Agent Properties, Picture Features and Redundancy,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 94, No. 2, pp. 428-434, 2002. <http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.428>
- [13] S. Domagk, “Do Pedagogical Agents Facilitate Learner Motivation and Learning Outcomes?: The Role of the Appeal of Agent’s Appearance and Voice,” *Journal of Media Psychology*, Vol. 22, No. 2, pp. 84-97, January 2010. <https://doi.org/10.1027/1864-1105/a000011>
- [14] S. Heidig and G. Clarebout, “Do Pedagogical Agents Make a Difference to Student Motivation and Learning?,” *Educational Research Review*, Vol. 6, No. 1, pp. 27-54, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2010.07.004>
- [15] P. Moore, “Learning and Teaching in Virtual Worlds: Implications of Virtual Reality for Education. Australasian,” *Journal of Educational Technology*, Vol. 11, No. 2, December 1995. <https://doi.org/10.14742/ajet.2078>
- [16] I. R. de Boer, P. R. Wesselink, and J. M. Vervoorn, “Student Performance and Appreciation Using 3D vs. 2D Vision in a Virtual Learning Environment,” *European Journal of Dental Education*, Vol. 20, No. 3, pp. 142-147, August 2016. <https://doi.org/10.1111/eje.12152>
- [17] J. Parong and R. E. Mayer, “Learning Science in Immersive

- Virtual Reality,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 110, No. 6, pp. 785-797, August 2018. <https://doi.org/10.1037/edu0000241>
- [18] R. C. A. Barrett, R. Poe, J. W. O’Camb, C. Woodruff, S. M. Harrison, K. Dolguikh, ... and M. R. Blair, “Comparing Virtual Reality, Desktop-Based 3D, and 2D Versions of a Category Learning Experiment,” *PLoS ONE*, Vol. 17, No. 10, e0275119, October 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275119>
- [19] I. Reisoğlu, B. Topu, R. Yılmaz, T. Karakuş Yılmaz, and Y. Göktaş, “3D Virtual Learning Environments in Education: A Meta-Review,” *Asia Pacific Education Review*, Vol. 18, No. 1, pp. 81-100, March 2017. <https://doi.org/10.1007/s12564-016-9467-0>
- [20] R. O. Davis, J. Vincent, and T. Park, “Reconsidering the Voice Principle with Non-Native Language Speakers,” *Computers & Education*, Vol. 140, 103605, October 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103605>
- [21] B. Jing, J. Liu, X. Gong, Y. Zhang, H. Wang, and C. Wu, “Pedagogical Agents in Learning Videos: Which One is Best for Children?,” *Interactive Learning Environments*, November 2022. <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2141787>
- [22] R. P. Bringula, I. C. O. Fosgate Jr., N. P. R. Garcia, and J. L. M. Yorobe, “Effects of Pedagogical Agents on Students’ Mathematics Performance: A Comparison between Two Versions,” *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 56, No. 5, pp. 701-722, September 2018. <https://doi.org/10.1177/0735633117722494>
- [23] V. Muniady and A. Z. Mohamad Ali, “Different Realism Designs of 2D Virtual Agents and Its’ Arousal Effect on Students’ Emotions in Learning,” *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, Vol. 9, No. 1, pp. 5149-5158, October 2019. <https://doi.org/10.35940/ijeat.A1754.109119>
- [24] R. Moreno, R. E. Mayer, H. A. Spires, and J. C. Lester, “The Case for Social Agency in Computer-Based Teaching: Do Students Learn More Deeply When They Interact with Animated Pedagogical Agents?,” *Cognition and Instruction*, Vol. 19, No. 2, pp. 177-213, 2001. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1902_02
- [25] R. K. Atkinson, “Optimizing Learning from Examples Using Animated Pedagogical Agents,” *Journal of Educational Psychology*, Vol. 94, No. 2, pp. 416-427, June 2002. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.2.416>
- [26] J. Cassell, “Embodied Conversational Agents: Representation and Intelligence in User Interfaces,” *AI Magazine*, Vol. 22, No. 4, pp. 67-83, December 2001. <https://doi.org/10.1609/aimag.v22i4.1593>
- [27] D. Maloney and G. Freeman, “Falling Asleep Together: What Makes Activities in Social Virtual Reality Meaningful to Users,” in *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play (CHI PLAY ’20)*, Online, pp. 510-521, November 2020. <https://doi.org/10.1145/3410404.3414266>
- [28] J. N. Bailenson, N. Yee, J. Blascovich, A. C. Beall, N. Lundblad, and M. Jin, “The Use of Immersive Virtual Reality in the Learning Sciences: Digital Transformations of Teachers, Students, and Social Context,” *Journal of the Learning Sciences*, Vol. 17, No. 1, pp. 102-141, 2008. <https://doi.org/10.1080/10508400701793141>
- [29] T.-H. Peng and T.-H. Wang, “Developing an Analysis Framework for Studies on Pedagogical Agent in an e-Learning Environment,” *Journal of Educational Computing Research*, Vol. 60, No. 3, pp. 547-578, June 2022. <https://doi.org/10.1177/07356331211041701>
- [30] R. E. Mayer and C. S. DaPra, “An Embodiment Effect in Computer-Based Learning with Animated Pedagogical Agents,” *Journal of Experimental Psychology: Applied*, Vol. 18, No. 3, pp. 239-252, September 2012. <http://dx.doi.org/10.1037/a0028616>
- [31] R. E. Mayer, “Searching for the Role of Emotions in e-Learning,” *Learning and Instruction*, Vol. 70, 101213, December 2020. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.010>
- [32] N. L. Schroeder, E. K. Chiou, and S. D. Craig, “Trust Influences Perceptions of Virtual Humans, But Not Necessarily Learning,” *Computers & Education*, Vol. 160, 104039, January 2021. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104039>
- [33] R. O. Davis, J. Vincent, and L. Wan, “Does a Pedagogical Agent’s Gesture Frequency Assist Advanced Foreign Language Users with Learning Declarative Knowledge?,” *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, Vol. 18, 21, April 2021. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00256-z>
- [34] G. Veletsianos, “The Impact and Implications of Virtual Character Expressiveness on Learning and Agent-Learner Interactions,” *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 25, No. 4, pp. 345-357, August 2009. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2009.00317.x>
- [35] A. Gulz and M. Haake, “Design of Animated Pedagogical Agents - A Look at Their Look,” *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 64, No. 4, pp. 322-339, April 2006. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2005.08.006>
- [36] A. S. D. Martha and H. B. Santoso, “The Design and

- Impact of the Pedagogical Agent: A Systematic Literature Review,” *Journal of Educators Online*, Vol. 16, No. 1, January 2019. <https://doi.org/10.9743/jeo.2019.16.1.8>
- [37] Z. Papamitsiou and A. A. Economides, “Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence,” *Educational Technology & Society*, Vol. 17, No. 4, pp. 49-64, October 2014. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.49>
- [38] R. O. Davis, L. L. Wan, J. Vincent, and Y. J. Lee, “The Effects of Virtual Human Gesture Frequency and Reduced Video Speed on Satisfaction and Learning Outcomes,” *Educational Technology Research and Development*, Vol. 69, No. 5, pp. 2331-2352, October 2021. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10010-x>
- [39] A. P. Lawson, R. E. Mayer, N. Adamo-Villani, B. Benes, X. Lei, and J. Cheng, “Recognizing the Emotional State of Human and Virtual Instructors,” *Computers in Human Behavior*, Vol. 114, 106554, January 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106554>
- [40] J. Sullins, S. Acuff, D. Neely, and X. Hu, “When Knowledge isn’t Power: The Influence of Prior Knowledge on Question Generation Training,” *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, Vol. 27, No. 2, pp. 245-265. April 2018.
- [41] S. Kalyuga and J. L. Plass, Evaluating and Managing Cognitive Load in Games, in *Handbook of Research on Effective Electronic Gaming in Education*, Hershey, PA: IGI Global, ch. 41, pp. 719-737, 2009. <https://doi.org/10.4018/978-1-59904-808-6.ch041>
- [42] N. L. Schroeder and O. O. Adesope, Do 3D Pedagogical Agents Help Students Learn Science? A Systematic Review, in *Cases on 3D Technology Application and Integration in Education*, Hershey, PA: IGI Global, ch. 3, pp. 49-71, 2013. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-2815-1.ch003>
- [43] A. Suh and J. Prophet, “The State of Immersive Technology Research: A Literature Analysis,” *Computers in Human Behavior*, Vol. 86, pp. 77-90, September 2018. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.04.019>
- [44] R. Pekrun, “The Control-Value Theory of Achievement Emotions: Assumptions, Corollaries, and Implications for Educational Research and Practice,” *Educational Psychology Review*, Vol. 18, pp. 315-341, December 2006. <https://doi.org/10.1007/s10648-006-9029-9>



이경민(Kyung-Min Lee)

2017년 : 한양대학교 영상디자인 학사
2019년 : 한양대학교 교육공학 석사

2021년~현 재: 광운대학교 광운MOOC센터 직원
2023년~현 재: 한양대학교 교육공학과 박사과정
※ 관심분야 : 이러닝(E-learning), 멀티미디어 학습환경(Multimedia learning environment) 등



최재연(Jae-Yeon Choe)

2022년 : 숙명여자대학교 (교육학 학사)

2023년~현 재: 한양대학교 교육공학과 석사
※ 관심분야 : 이러닝(E-learning), 컴퓨터기반 협력학습(CSCL) 등



손지현(Ji-Hyun Son)

2015년 : 한양대학교 일반대학원 교육공학과 (교육학석사)

2019년~현 재: 루디콘텐츠랩 대표
2023년~현 재: 한양대학교 일반대학원 교육공학과 박사과정
※ 관심분야 : 이러닝(E-learning), 교수설계(Instructional Design) 등



김민영(Min-Young Kim)

2022년 : 한국공학대학교 (미디어디자인공학과 학사)

2023년~현 재: 한양대학교 대학원 교육공학과 석사과정
※ 관심분야 : 이러닝(E-learning), 컴퓨터기반 협력학습(CSCL)



신윤희(Yoon-Hee Shin)

2018년 : 한양대학교 대학원 (교육공학 박사)

2019년~2021년: 단국대학교 교양교육대학 코딩교과
2021년~현 재: 한양대학교 사범대학 교육공학과 조교수
※ 관심분야 : 이러닝(E-learning), 컴퓨터기반 협력학습(CSCL), 교수설계(Instructional Design), AI 리터러시