

증강현실 기반 입체도형 학습도구 시스템

(Augmented Reality based Learning System for Solid Shapes)

문예지*, 김대환**, 조동식**

(Yeji Mun, Daehwan Kim, Dongsik Jo)

요약

최근 교육의 학습 효과에 도움을 제공하기 위해 실감 콘텐츠 환경에서 상호작용을 제공하는 시스템이 널리 활용되고 있다. 특히, 증강현실(Augmented reality) 기술은 실제 학습 환경에 가상의 물체를 합성하여 정보를 직관적으로 이해하는데 도움을 제공할 수 있다. 본 논문에서는 기하와 관련된 입체도형에 대한 수학기념을 3차원의 공간 정보를 이용하여 학습하는 증강현실 도구를 개발하였다. 이를 위해 수학 교육 과정 중 각기둥과 각뿔에 관한 교과서에 증강현실 합성 기술을 적용하여 공간적인 학습 효과를 보다 높일 수 있도록 하였다. 또한, 카메라와 마커 사이의 위치 관계에 의해 정합이 되도록 가상의 도형을 표현하였고, 공간에 대한 지각 효과를 높이기 위해 평면도, 전개도 등 도형 형태의 다양화, wireframe 가시화 모드 선택 기능 등이 가능하도록 하였다. 본 논문에서 제시한 증강현실 기반 학습도구를 통해 수업에 관한 학업성취도 및 흥미도에 관한 효과성을 평가한 결과 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 본 논문에서 제안한 방법을 통하여 입체도형 학습 뿐 아니라 다양한 수업에서 교육적 효과를 높일 수 있을 것으로 전망한다.

■ 중심어 : 증강현실 ; AR ; 수학 ; 입체도형 ; 학습도구

Abstract

Recently, realistic contents such as virtual reality(VR) and augmented reality(AR) are widely used for education to provide beneficial learning environments with three-dimensional(3D) information and interactive technology. Specially, AR technology will be helpful to intuitively understand by adding virtual objects registered in the real learning environment with effective ways. In this paper, we developed an AR learning system using 3D spatial information in the 2D based textbook for studying math related to geometry. In order to increase spatial learning effect, we applied to solid shapes such as prisms and pyramids in mathematics education process. Also, it allows participants to use various shapes and expression methods (e.g., wireframe mode) with interaction. We conducted the experiment with our AR system, evaluated achievement and interest. Our experimental study showed positive results, our results are expected to provide effective learning methods in various classes through realistic visualization and interaction methods.

■ keywords : Augmented Reality ; AR ; Mathematics ; Solid Shapes ; Learning

I. 서론

최근 몰입형 가상현실(Virtual Reality)과 같은 차세대 스마트미디어 기술을 통한 실감 체험 환

경을 제공하여 국방, 의료, 산업 서비스 분야에 교육 및 훈련 등에 널리 활용이 되고 있다[1,2]. 가상현실은 3차원의 가상 공간 및 물체를 이용하여 현실 세계와 단절된 환경을 제공하는 실감 콘텐츠를 제공하는 미디어이고, 반면에 증강현

* 학생회원, 울산대학교 데이터응용수학과

** 정회원, 울산대학교 IT융합학부

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2021R111A3060198).

접수일자 : 2024년 04월 14일

게재확정일 : 2024년 05월 07일

수정일자 : 2024년 04월 26일

교신저자 : 조동식 e-mail : dongsikjo@ulsan.ac.kr

실(Augmented reality)은 실제 세계의 영상 정보를 기반으로 가상의 물체를 합성하여 가시화하는 것을 특징으로 한다[3,4]. 최근 스마트기기의 카메라를 이용하여 언제 어디서 원하는 정보를 가이드할 수 있는 서비스가 활발히 늘어나고 있어 글로벌 기업에서도 증강현실 개발 도구를 이용하여 스마트폰 애플리케이션의 다양화를 위한 시도가 가속화되고 있다[5].

따라서 증강현실은 현실 세계에 추가적인 정보를 3차원으로 정합하여 교육 상황에서 직관적으로 학습 효과를 제공하는 것이 가능하다[6]. 또한, 실감 콘텐츠 기술은 학습도구로 활용하여 학생들이 추상적인 개념을 직관적으로 이해하고, 상호작용 체험을 통해 쉽고 빠르게 교육에 적용되고 있다[7]. 예를 들면, 추상적인 개념을 교과서의 평면적으로 배우는 것보다 인터랙티브 실감 콘텐츠를 이용하여 학습한 경우 더 높은 학업 성취도를 얻을 수 있다는 연구 결과가 있었다[7].

본 논문에서는 수학 학습교과와 관련하여 증강현실 입체도형 학습도구를 통해 보다 효과적으로 쉽게 이해할 수 있는 시스템을 제안한다. 이를 위해 증강현실 도형을 표현하기 위한 다양한 형태와 상호작용 기반 가시화 제어가 가능하도록 하였고, 이에 따른 학습 효과성 분석을 수행하였다. 특히, 2022년 개정 교육과정의 6학년 1학기 수학 교과서의 2단원인 "각기둥과 각뿔"에 주목하여 증강현실(AR) 기술을 활용하여 입체도형을 3차원으로 학습하도록 하였다. 수학 교과에 참여한 학생들은 교과서에 있는 입체도형을 스마트폰 카메라에 비추었을 때, 입체도형이 증강현실 환경에서 3차원으로 화면상에 나타나 여러 방향으로 관찰할 수 있도록 시각화하였다. 또한, 교과서에 합성된 입체 도형을 자세히 여러 방향으로 볼 수 있도록 상호 작용 기능을 포함하였다. 본 논문에서는 증강현실을 이용한 도형 학습이 학업성취도 및 흥미도에서 평면적으로 배우는 것보다 긍정적인 학습효과가 있었다. 또한, 학생들이 개념을 더 명확하게 이해하고, 학습 결과

를 기억하는데 도움을 제공한다는 것을 실험을 통해 확인하였다.

II. 관련 연구

1. 실감 학습 콘텐츠 사례

최근, 실감 체험형 상호작용 기술을 학습 콘텐츠로 개발하고, 교육현장에 적용하는 사례가 증대되고 있다[8]. 기존의 2차원의 교과서에서 학습을 하는 것보다 선생님과 가상의 체험 환경에서 상호작용을 통해 학습을 할 경우 성과가 높다는 다수의 연구결과가 있었다[6,9]. 특히, 실감 콘텐츠로 학습 환경을 구성할 때 공간 인지 측면에 도움이 되는 것으로 나타났다[9].

이러한 실감 학습 콘텐츠의 또 다른 구축 사례는 원격지 간 실감 학습 콘텐츠 환경에서 상호작용이 가능한 형태로 발전하고 있다[10]. 가상의 휴면을 통해서 선생님을 3차원으로 영상 기반으로 캡처하고, 몰입형 공간에서 아바타를 이용하여 참여가 가능하다[11].

2. 증강현실 학습 콘텐츠 사례

실감 콘텐츠와 상호작용 기술이 발전함에 따라 가상 물체의 선택 및 제어, 오감 제시 등이 교육 시스템에 적용되고 있다[12]. 예를 들면, 몰입형 가상 공간에서 학습도구를 3차원으로 제어하여 반복적으로 실감나는 교육을 수행하는 것이 가능하다[12]. 증강현실은 2차원 교과서를 통한 학습보다 직관적인 정보를 3차원으로 제공하기 때문에 교육에 적용하는 사례가 최근 늘어나고 있다[10]. 특히, 수학 교과목의 입체도형을 학습할 경우 3차원 공간 정보에 관한 직관적인 이해를 학습자에게 제공하는 것이 가능하다. 또한, 최근 스마트폰의 보급 확대 및 증강현실 개발 도구를 통해 언제 어디서든 반복적으로 증강현실 교육 콘텐츠를 체험하는 것이 활발히 늘어나고 있다[13]. 본 논문에서는 수학 교과서에서 3차원 도형

을 증강현실 기술을 이용하여 합성한 입체도형 학습도구 시스템을 개발하였다. 이를 통해 학습자가 도형에 대한 이해를 높이고, 단기적인 학습 효과 뿐 아니라 장기적으로 수업에 관한 흥미도, 학습에 관한 기억에도 도움을 제공할 것으로 예측하였다. 따라서, 구축된 시스템을 이용하여 수업에 참여한 학생들을 대상으로 실험을 진행하였고, 효과성 분석을 수행하였다.

III. 증강현실 학습 도구의 설계 및 구현

1. 입체도형 학습 교과목 분석

본 연구는 2022 개정 교육과정의 6학년 1학기 수학 교과서 중 2단원인 "각기둥과 각뿔" 입체도형에 대한 전개도 및 성질을 학습하는 것을 목표로 하였다. 해당 교육과정의 경우 각기둥과 각뿔의 구조, 전개도 등을 통해 부피, 면의 개수, 특정 기둥의 높이 등 풀이를 수행한다[14]. 교과목에서 학습의 전체적인 흐름은 그림 1과 같다. 각기둥과 각뿔에 대한 구성요소와 성질, 전개도 등을 3차원으로 표현하여 학습에 대한 효과를 높일 수 있도록 하였다.

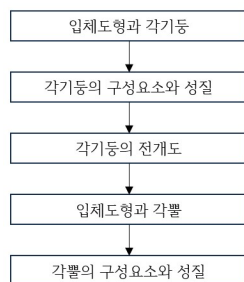


그림 1. 입체도형 각기둥, 각뿔 학습의 순서도

2. 3차원 입체도형 구성

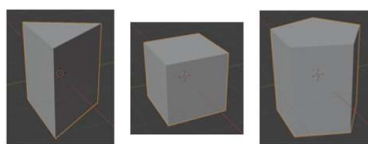


그림 2. 각기둥 모델 예제

증강현실로 합성하기 위한 수학 교과목의 입체도형 중 각기둥과 각뿔 모양의 3차원 모델을 구성하였다. 각기둥은 입체도형 중 두 면이 서로 평행하고 합동인 다각형으로 이루어진 입체도형을 의미하고, 각기둥에서 서로 평행하고 합동이며, 나머지 면들과 모두 수직으로 만나는 두 면을 밑면이라고 한다[15]. 밑면의 모양에 따라 그림 2와 같이 삼각기둥, 사각기둥, 오각기둥으로 구분 될 수 있다[15]. 또한, 입체도형 중 밑에 놓인 면이 다각형이고 옆으로 둘러싼 면이 모두 삼각형인 입체도형을 각뿔이라고 한다[14]. 각기둥과 각뿔에 관한 입체 도형을 학습하는 학생은 증강현실 환경에서 각기둥에서의 모서리, 꼭짓점, 높이, 밑면의 모양, 옆면 등을 직접 다양한 각도에서 관찰할 수 있도록 하였다.

3. 증강현실 구현 및 합성

증강현실 구현을 위한 첫 번째 단계로 수학교과서 입체도형에 각기둥과 각뿔에 해당되는 각 페이지를 사진으로 캡처하여 증강현실 학습을 위한 이미지 타겟으로 설정하였다. 그 다음 단계로, 증강현실 학습 엔진 PTC Vuforia를 이용하여 해당 타겟을 특징점 기반의 마커로 학습하였다[16]. 즉, 실시간으로 객체를 탐지하고 가상 객체를 해당 위치에 배치하도록 하기 위해 이미지를 타겟으로 설정하여 학습을 수행하고 데이터베이스를 생성하였다[16]. 그리고, 입체 도형을 증강현실 환경에서 합성이 되도록 구현하기 위해 Unity3D를 이용하여 각 이미지 타겟에 해당하는 입체도형을 배치하여 위치와 크기를 조정하였다[17]. 증강현실 사용자는 실시간으로 스마트폰 카메라를 이용하여 교과서의 해당 페이지를 촬영할 때 매칭되는 입체도형이 화면에 나타나 다양한 각도에서 관찰하는 체험이 가능하도록 설계하였다. 그림 3은 학습을 한 이미지에서 입체도형의 정합 결과를 나타내고 있고, 그림 4는 증강현실 기반 입체도형 학습도구 시스템의

흐름도를 보여주고 있다. 콘텐츠 제작에서 구성된 가상의 카메라는 스마트폰 사용자의 카메라와 일치되도록 하였고, 증강현실 개발 엔진에서 카메라와 마커 사이의 위치 관계에 의해 도형의 3차원 위치 및 각도 등 Transformation이 조절되도록 하였다. 특정 교과서 페이지에 매핑된 입체도형과 같은 가상객체를 배치하여 사용자가 카메라가 움직일 경우 혹은 교과서가 움직일 경우 정확하게 합성이 가능하도록 하였다. 이 때 가상 객체가 학습된 이미지 타겟 혹은 마커의 움직임에 따라 합성되도록 표현하기 위해 구현에서 가상 카메라 아래에 이미지 타겟을 두고, 그 아래에 가상객체를 계층구조로 표현하여 가상의 입체도형 객체가 타겟을 따라 움직이도록 구현하였다. 그림 5는 이러한 증강현실 콘텐츠 제작 환경을 보여준다. 또한, 공간의 대한 지각 효과를 높이기 위해 도형에 대한 평면도, 다각형 구조도, Wireframe, Shaded wireframe 등 다양하게 사용자가 상호작용 체험이 가능하도록 하였다.



그림 3. 증강현실 입체도형 정합 예제

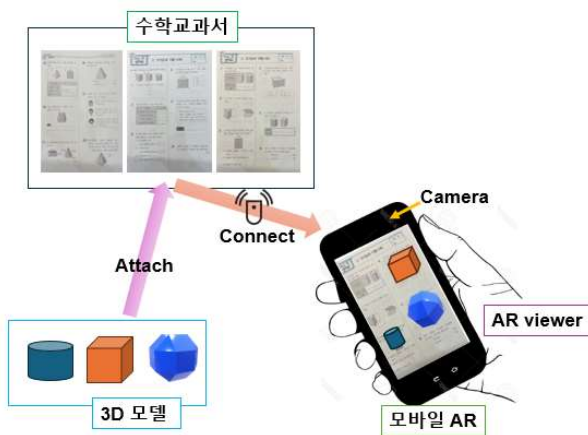


그림 4. 증강현실기반 입체도형 학습도구

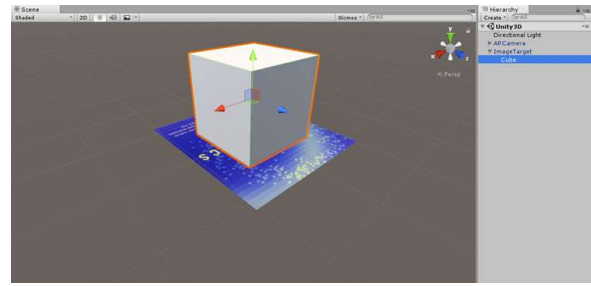


그림 5. 증강현실 콘텐츠 제작 환경

IV. 사용성 평가

1. 실험방법

본 논문에서 증강현실 입체도형 학습 시스템의 효과성 분석을 위해 초등학교 6학년(예비 중학생) 16명(여5,남11)을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 방법으로는 무작위로 각각 8명씩 두 그룹으로 between-subject 방식으로 구성하였다. 한 그룹은 기존 수학 교과서로만 수업을 진행하였고, 다른 한 그룹은 교과서와 증강현실 학습 도구 2가지 모두를 가지고 수학 수업을 진행하였다. 학업성취도검사를 실험 전후로 진행하여 총 2번 실시하였고, 사전평가에는 5학년 도형문제 20문항을 사후평가에는 6학년 1학기 2단원 “각기둥과 각뿔”과 관련된 문제 20문항을 출제하여 진행하였다.

2. 사전평가

사전평가에서는 실험집단과 통제집단의 학습 능력을 확인하기 위해 5학년 도형 관련 영역에서 대표 20문항을 추출하여 실시하였다. 각 문항은 5점씩 부여되어 총 100점 만점으로 구성하였다. 표 1은 피실험자에 대한 사전평가의 결과이다.

표 1. 사전평가 결과

구분	집단 간	학생 수	평균 점수	표준 편차	t	p
사전 평가	실험 집단	8	71.8 8	5.30	0.91 42	0.37 61
	통제 집단	8	69.3 8	5.63		

표 1의 사전평가에서는 실험집단의 평균 점수가 71.88점, 통제집단의 평균 점수는 69.38점으로 나타났으며, 두 집단 간의 평균 점수는 2점 가량 차이가 발생하였다, t-test와 p-value를 구한 결과 t-test값은 0.9142, p-value는 0.3761로 나타났다. p-value가 0.3761로 유의수준 0.05보다 크기 때문에 “실험 집단과 통제 집단의 평균은 차이가 없다.”는 귀무가설을 기각할 충분한 통계적 증거가 없으므로 실험 집단과 통제 집단 간에 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 즉, 두 집단 간의 학습 성과 측면에서 통계적으로 차이가 없다는 것을 사전에 확인하였다.

3. 사후평가

사전 평가를 수행한 후 실험집단과 통제집단의 학업성취도를 평가하기 위하여 초등학교 6학년 수학 ‘2. 각기둥과 각뿔’에서 도형관련 20문항을 가지고 실험을 수행하였다. 해당 과목에 대한 설명은 두 집단간 동일하게 이론 교육을 실시하였고, 증강현실 학습도구를 수행하는 그룹은 별도로 학습 시간을 부여하였다. 학습 시간 이후 입체도형과 관련된 대표 문제 20문항을 추출하여 각 문제당 5점씩 총 100점을 만점으로 학업성취도를 평가하였다. 증강현실 입체도형 학습도구를 활용한 그룹(실험집단)과 일반적 강의식 수업으로 이루어진 그룹(통제집단)으로 구분하여 평가를 수행하였다. 증강현실 기반 입체도형 실험집단에 참석한 사용자는 실제 수학 교과서의 문제 풀이 방식을 하면서 수학 교과서의 특정 부분에 마커가 있으면 스마트폰을 이용하여 힌트를

보고, 상호작용을 수행하면서 다양한 정보를 얻을 수 있도록 하였다. 통제집단의 경우 피실험자가 희망할 경우 텍스트 형태의 힌트를 제공하였다. 이 때 실험집단과 통제집단 간 문제풀이 시간은 동일한 시간으로 설정을 하였다.

표 2. 증강현실 기반 입체도형 학습도구 평가 결과

구분	집단	학생 수	평균	표준 편차	t	p
사후 평가	실험 집단	8	82.5	4.63	2.66 8	0.0 19
	통제 집단	8	75.6 3	5.63		

표2는 증강현실 기반 입체도형 학습도구 평가의 결과이고, 실험집단의 평균 점수가 82.5점, 통제집단의 평균 점수는 75.63점으로 나타났다. 두 집단 간의 평균 점수의 차이는 7점이였다. 통계적으로 두 집단 간의 차이를 분석한 결과 t-test와 p-value를 구한 결과 t-test값은 2.6679, p-value는 0.019로 나타났다. p-value가 유의수준 0.05보다 작으므로 귀무가설을 기각할 수 있으므로 실험집단과 통제집단의 평균 차이는 통계적으로 유의미하게 나타났다. 또한, 표준편차를 통해서도 알 수 있듯이 증강현실을 이용한 실험집단의 경우 상대적으로 점수의 차이가 크지 않았다. 이를 통해 증강현실 학습도구를 이용하여 수업을 진행한 그룹의 학업성취도가 교과서로만 진행한 수업보다 더 높은 것을 알 수 있었다. 추가적인 실험 문항으로 실험에 참여한 16명의 피실험자를 대상으로 수업에 관한 흥미도를 평가한 결과 1.5배 이상(기존 수업 평균 흥미도 점수 52점, 증강현실 수업 87점)으로 증강현실 수업이 더 높은 결과를 얻었다. 또한, 추가적인 설문을 통하여 본 논문에서 제안한 방법을 분석한 결과 증강현실 기반 수업의 경우 학생들이 도형에 대한 개념과 구조를 좀 더 명확하게 이해하고, 학습 결과를 기억하는데 도움을 제공한다는 것을 확인하였다. 흥미도에 대한 점수와 함께 설문을 통해서 증강현실 시스템을 적용하였을 경우 수학 도형에 대한 직관적인 이해와 스마트폰

애플리케이션 사용에 대한 편리함으로 인해 장시간 공부가 가능할 것이라고 다수의 사용자가 동일하게 의견을 주었다.

본 시스템의 단점으로는 스마트폰을 사용하는 경우 시야각으로 인한 시각적인 정보의 제한을 극복하는 것을 필요성으로 제기하였다. 따라서, 프로젝션 기반 Spatial AR, 데스크탑 모니터 기반의 AR 가시화 방식 등 효과성 평가 비교를 수행할 예정이다. 또한, 수학 도형 문제를 풀이하는 과정에서 직관적인 이해를 위한 도형의 길이, 답을 해결해 나가는 과정, 퀴즈 풀이 등 학습 콘텐츠 구성을 더욱 확대할 계획이다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 증강현실 기반 기술을 수학 교과목 입체도형 수업에 적용하여 효과성 분석을 수행하였다. 실험과 통제 두 집단을 설정하여 입체도형 관련 학습 영역에서의 효과를 살펴보았다. 사전평가 결과를 통해 실험 집단과 통제 집단 간의 평균 차이가 통계적으로 유의미하지 않음을 확인한 뒤 사후평가에서는 증강현실 도형 학습도구를 활용한 실험 집단이 일반적인 강의식 수업을 받은 통제 집단보다 훨씬 높은 학업성취도 및 흥미도가 나타남을 알 수 있었다. 이를 통해 증강현실 입체도형 학습도구를 활용한 수업이 학습 효과성 측면에서 우수함을 검증할 수 있었다. 특히, 공간에 대한 지각 효과를 높이기 위해 평면도, 전개도 등 도형 형태의 다양화, 가시화 모드의 선택 기능 등이 학습 효과를 높이는 데 도움을 제공하는 것으로 나타났다. 즉, 본 논문에서 제시한 증강현실 기반 학습도구를 통해 수업에 관한 학업성취도 및 흥미도에 관한 효과성을 평가한 결과 통계적으로 유의한 결과를 얻을 수 있었다. 결론적으로, 교육 현장에서 실감 콘텐츠를 활용한 디지털 학습도구의 활용이 학업 성취도 향상에 도움을 제공한다는 것을 알 수 있었다. 향후 실제 정규 교과 수업 시간에 활용

하여 다수의 학생을 대상으로 결과에 대한 신뢰도 평가를 수행할 계획이다. 또한, 물리, 화학 등 타 교과목에서도 적용하여 3차원의 가상 객체가 교육의 효과 측면에서 도움이 될 수 있다는 것을 비교 분석할 계획이다. 또한, 증강현실 가시화 장치 측면에서 헤드셋(Optical 방식 및 Video 방식), 프로젝션, 스마트폰 기반 등 교육 효과성 분석을 수행할 예정이다. 추가적으로, 3차원 가시화 뿐 아니라 실감 상호작용(예. 햅틱, 사운드 등) 요소가 추가될 경우에 학업 성취도가 상대적으로 어떤 변화가 있는지에 대한 평가도 추후 진행하려 한다.

REFERENCES

- [1] B. Stephan, A. Kuner, A. Kulik, and B. Froehlich, "Immersive group-to-group telepresence," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 19, no. 4, pp. 616-625, 2013.
- [2] Y. Seol, C. Joo, and J. Yoo, "A study on utilization method of the Metaverse in digital heritage," *Smart Media Journal*, vol. 10, no. 4, pp. 111-120, 2021.
- [3] Y.S. Kang and Y.S. Ho, "3D image capturing and 3D content generation for realistic broadcasting," *Smart Media Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 14-20, 2012.
- [4] C. Chang, H. Sung, J. Guo, B. Chang, and F. Kuo, "Effects of spherical video-based virtual reality on nursing students' learning performance in childbirth education training," *Interact. Learn. Environ*, vol. 30, pp. 400 - 416, 2022.
- [5] Y. Tan, W. Xu, S. Li, and K. Chen, "Augmented and virtual reality (AR/VR) for education and training in the AEC industry: A Systematic Review of Research and Applications," *Buildings*, vol. 12, 1529, 2022.
- [6] A. Maroukias, C. Troussas, A. Krouska, and C. Sgouropoulou, "Virtual reality in education: A review of learning theories, approaches, and methodologies for the last decade," *Electronics*, vol. 12, 2832, 2023.
- [7] K. Shin, C. Cho, J. Ryu, and D. Jo, "Exploring the perception of the effect of three-dimensional interaction feedback types on immersive virtual reality education," *Electronics*, vol. 12, 4414, 2023.
- [8] J. Cauquis, R. Mercado, G. Casiez, J. Normand, and A. Lecuyer, "Kapow!": Studying the design

of visual feedback for representing contacts in extended reality," *In Proceedings of the 28th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST)*, Tsukuba, Japan, 29 November - 1 Dec. 2022.

- [9] D. Kim, Y. Kim, and D. Jo, "Exploring the Effect on Passive Haptic Perception in Virtual Environments," *Appl. Sci.* vol. 13, 299, 2022.
- [10] D. Solidjonov, "Immersive augmented reality and virtual reality technology for education," *Involta Sci. J.* vol. 1, pp. 249 - 256, 2022.
- [11] S. Gunkel, H. Stokking, M. Prins, N. Stap, and F. Harr, O. Niamut, "Virtual reality conferencing: Multi-user immersive VR experiences on the web," *In Proceedings of the 9th ACM Multimedia Systems Conference*, Amsterdam, The Netherlands, 12 - 15, Jun. 2018.
- [12] Z. Li, Y. Cao, and J. Luo, "Application of virtual reality technology in the chemistry teaching process," *In Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Education, Information Management and Service Science*, Changsha, China, 22 - 24 Jul. pp. 1253 - 1258, 2022.
- [13] A. Ihsani, S. Sukardi, S. Soenarto, and E. Agustin, "Augmented reality (AR)-based smartphone application as student learning media for javanese wedding make up in central java," *J. Inf. Commun. Converg. Eng.* vol. 19, pp. 248 - 256. 2021.
- [14] 이상윤, 김갑수, "증강현실기반 도형영역 학습 객체 개발 및 적용," *한국정보교육학회 논문지*, 제16권 제4호, 2012년
- [15] Y. S. Su, H. W. Cheng, and C. F. Lai, "Study of Virtual Reality Immersive Technology Enhanced Mathematics Geometry Learning," *Frontiers in Psychology*, 13, Article 760418. 2022.
- [16] Vuforia [Internet]. Available: <https://developer.vuforia.com/>(accessed Apr. 13. 2024).
- [17] Unity3D [Internet]. Available: <https://unity.com/>(accessed Apr. 13. 2024).

 저 자 소 개



문예지(정회원)

2024년 울산대학교 데이터응용수학과
재학 중.

<주관심분야 : VR/AR, 기능성 게임>



김대환(정회원)

2011년 포항공과대학교 컴퓨터공학과
박사 졸업.

2021년 한국전자통신연구원(ETRI)
VR/AR연구그룹 선임연구원.

2024년 울산대학교 IT융합학부 조교
수.

<주관심분야 : 컴퓨터 비전, 영상처리, 인공지능>



조동식(정회원)

2017년 고려대학교 컴퓨터학과 박사
졸업.

2024년 울산대학교 IT융합학부 부교
수.

<주관심분야 : VR/AR/MR, HCI>