

기초 물리 교육목적의 가상환경 기반 콘텐츠 개발 및 활용

이재윤[○]

이택희^{*}

한국공학대학교

jaeyoonee9, watersp@tukorea.ac.kr

Development of contents based on virtual environment of basic physics education

Jaeyoon Lee[○]

Tackhee Lee^{*}

Tech University of Korea

요 약

최신 기술이 적용된 HMD는 고해상도 디스플레이와 빠른 모션인식으로 멀미를 최소화하며 위치와 동작을 정확히 추적할 수 있다. 이는 가상의 삼차원 공간에 몰입할 수 있는 환경을 제공해 줄 수 있으며 이러한 특징을 활용하여 재난 시뮬레이터나 고위험 장비 학습 공간 등의 가상현실 콘텐츠가 발전하고 있다. 이러한 장점은 기초과학 교육 분야에서도 적용 가능하다. 특히 기존 2차원 자료로 설명되는 물리학의 전기장과 자기장의 개념을 삼차원 공간으로 확장하여 실시간으로 시각화한다면 학습 이해도 향상에 큰 도움이 될 수 있다. 본 논문에서는 삼차원 가상현실 기반의 실감형 물리 교육 환경 및 콘텐츠를 개발하고 개발된 학습 콘텐츠를 실제 학습 대상자에게 체험시켜 효과를 증명한다. 학습 대상자는 총 46명의 중학생과 대학생이며 가상현실 환경에서 삼차원으로 표현되는 전기장과 자기장을 실시간으로 경험하고 학습하였다. 설문 조사 결과 85% 이상의 긍정적인 반응을 얻을 수 있었으며 삼차원 가상공간 기반의 물리 학습이 효과적으로 적용될 수 있다는 긍정적인 결과를 얻었다.

Abstract

HMD, which is applied with the latest technology, minimizes motion sickness with high-resolution displays and fast motion recognition, and can accurately track location and motion. This can provide an environment where you can immerse yourself in a virtual three-dimensional space, and virtual reality contents such as disaster simulators and high-risk equipment learning spaces are developing using these characteristics. These advantages are also applicable in the field of basic science education. In particular, expanding the concepts of electric and magnetic fields in physics described by existing two-dimensional data into three-dimensional spaces and visualizing them in real time can greatly help improve learning understanding. In this paper, realistic physical education environments and contents based on three-dimensional virtual reality are developed and the developed learning contents are experienced by actual learning subjects to prove their effectiveness. A total of 46 middle school and college students were taught and experienced in real time the electric and magnetic fields expressed in three dimensions in a virtual reality environment. As a result of the survey, more than 85% of positive responses were obtained, and positive results were obtained that three-dimensional virtual space-based physical learning could be effectively applied.

키워드: 물리교육, VR, 학습 콘텐츠, 학습 효과성

Keywords: Physical education, VR, learning content, learning effectiveness

*corresponding author: Tackhee Lee/ Tech University of Korea (watersp@tukorea.ac.kr)

1. 서론

HMD(Head-Mounted Display)는 Virtual Reality(VR) 환경을 표현하기 위해 가장 널리 사용되는 웨어러블 하드웨어이다. 특히 최신 기술이 탑재된 HMD의 경우 4K 이상의 고해상도 디스플레이를 제공하며 매우 빠른 모션인식 응답속도를 통해 멀미가 최소화된 위치 및 동작 추적 결과를 제공한다. 또한 경량화 되어 휴대성이 높아지고 편안한 착용감을 제공하는 등 편의성이 급속도로 높아지고 있다. 이러한 발전은 자연스레 가상현실 콘텐츠의 발전을 가속시키고 있는 상황이다. 재난 상황을 체험하고 해결할 수 있는 시뮬레이터, 고위험 장비를 사전 학습할 수 있는 공간 등 현실에서 수행하기 어렵거나 위험한 상황을 가상공간에 구축하는 형태의 콘텐츠가 주로 개발되고 있다. 하지만 기초과학교육을 위한 연구는 아직 미진하여 초기 연구단계에 머물고 있는 상태이다.[1] 기초과학의 경우 사진이나 동영상 등 2차원 표현을 기반으로 진행될 경우 3차원 공간에 존재하는 다양한 장(field) 표현이 제한되어 이해하기 매우 어려운 경향이 있다. 특히 전기장 및 자기장의 원리와 같이 중고등학교 과정에서 필요한 장의 표현이 대부분 2차원 자료를 활용하여 교육이 되고 있어 학생들에게 난이도가 높게 느껴지는 과학 영역이다. 만약 삼차원 가상공간에서 이러한 장의 표현이 실시간으로 이루어질 수 있고 이를 통해 장의 변화를 삼차원 공간에서 확인할 수 있다면 이러한 한계를 극복할 수 있는 실감형 교육 환경을 구축할 수 있을 것이다. 물리학 분야는 많은 학생들이 이해하기 어렵다는 연구가 있다. 예컨대 이차원 자료를 기반으로 설명되는 전기장의 경우 직관적으로 받아들이기 어렵다는 연구가 있다.[2] 이는 삼차원 가상공간을 활용할 경우 학습 이해도를 크게 증가시킬 수 있는 근거가 될 수 있다. 기초교육에 있어 물리학은 삼차원 공간에서 일어나는 움직임의 원리를 이해하고 예측하는 학문이기 때문이다. 이러한 움직임은 기본적으로 장을 기반으로 계산되며 기초교육에 있어 장의 전자기장, 중력장, 자기장 등이 있으며 눈에 보이지 않고 공간 내 특정 위치의 삼차원 벡터로 정의되는 특성이 있다. 따라서 본 연구는 장의 표현이 중요하며 가상공간의 도움을 받을 수 있는 전기장, 자기장 관련 학습 콘텐츠 개발에 중점을 둔다.

- * 전기장 : 전기장은 전기력이 특정 공간에 영향을 미치는 현상을 나타내는 개념이다. 전하에 의해 생성된 전기장은 삼차원 공간에 영향을 미친다. 즉 전기장은 삼차원 벡터로 정의되며, 삼차원 가상공간은 이러한 벡터 특성을 시각적으로 표현하고 전달하는 데 적합하다. 또한 실시간으로 전기장의 변화를 관찰할 수 있어 전기장에 대한 이해도를 높일 수 있다.
- * 자기장 : 자기장은 전하의 흐름에 의해서 생성되는 개념이다. 전기장과 마찬가지로 삼차원 공간에 정의되기 때문에 이차원 평면으로는 전하의 흐름과 자기장의 방향을 명확하게 표현할 수 없다. 또한 전하의 흐름을 보여주는 전선은 삼차원 공간에 표현되어야 하며 전선 주위의 자기장의 방향을 결정하기 위해 사용되는 방법인 오른손법칙도 공간 개념이 들어가므로

가상공간에 표현하는 것이 적절하다. 전기적 상호작용의 원리를 직접 경험하고 탐구할 수 있는 실험 환경을 제공한다면 학습 효과를 높일 수 있다.

본 논문에서는 가장 대중적으로 사용되고 있는 Meta Quest 2를 사용하고 가상공간 구축을 위해 Unreal Engine 5를 활용하였다. 개발한 학습 콘텐츠는 가상공간에서의 개념 강의, 실습 및 문제풀이 순으로 진행된다. 개념강의는 가상의 캐릭터가 시각적인 자료를 활용한 개념 강의를 진행되며 정확한 수식을 기반으로 결과물을 만들어 내는 가상의 전기장, 자기장 생성기를 기반으로 한다. 강의를 끝나면 실습 및 문제풀이가 진행되는데 이차원으로 설명되는 기출 문제를 삼차원 실험 도구를 통해 이해할 수 있도록 도구가 제공된다. 추가적인 실습은 학습자가 설정한 전하량과 전하의 개수에 따라 전기장의 분포를 확인할 수 있도록 하며 전류의 방향, 전류의 세기를 조절할 수 있는 도선으로 자기장을 만드는 것으로 구성된다. 학습 효과 증진 확인을 위해 물리 전공자가 아닌 40명의 공학계열 대학생과 6명의 중학생을 대상으로 학습 콘텐츠의 체험이 진행되었다. 이후 설문조사를 통해 콘텐츠 만족도를 조사하였다. 설문항목으로는 가상현실 환경, 강의 몰입도, 수업만족도, 학습 동기 부여, 흥미 유발 정도, 기존 자료에 대비한 학습 이해도의 요소를 포함한 질문으로 85% 이상의 긍정적인 평가를 얻을 수 있었다.

2. 관련연구

2.1 HMD기기

초기 HMD(Head-Mounted Display) 기기는 군사 및 항공 용도로 시뮬레이션과 훈련용으로 사용되기 시작되었다. 초기엔 해상도가 낮고 시야각이 좁은데다 무게가 무거워 널리 사용될 가능성이 낮았지만 관련 기술의 발전으로 보완되어 가상현실 분야에 핵심 장치가 되었다. 현재 HMD 기기는 사용자와 가상현실을 직관적으로 연결하기 위한 인터페이스로 가장 활발하게 활용되고 있다.[3] 기 출시된 HMD의 제원은 아래 표와 같다.

	Valve Index	Oculus Quest 2	Vive Pro 2
Release Date	May 1, 2019	October 13, 2020	June 3, 2021
Resolution	1440x1600	1832x1920	2448x2448
Refresh Rate	120Hz	90Hz	120Hz
Visible FoV	108 °	97 °	120 °
Weight	809g	503g	850g
IPD Range	58~70 ms	58~68 ms	57~70 ms

Table 1. Specifications of HMD

낮아지고 있다. 편의의 경우 기기의 무게 감소 및 착용감 증대를 통해 나아지고 있다. 오쿨러스 퀘스트2(Oculus Quest 2)의 경우 비교적 저렴한 가격으로 출시되어 HMD 보급을 선도하고 있다.[4] HMD 기기를 활용한 가상환경 학습 공간은 학습자의 몰입도를 증대시켜 콘텐츠에 좀더 집중할 수 있고 현실에서는 어려운 실험적 연구를 수행할 수 있는 플랫폼 역할을 할 수 있다는 연구가 수행되었다.[5]

2.2 물리 교육 현황

중학생 대상으로 가장 어려운 과학 과목의 설문 조사에서 ‘전기’ 단원이 가장 어렵다는 결과가 있다. 눈에 보이지 않는 장의 원리를 이해하기 어렵기 때문에 기술 문제의 유형에 따른 공식과 풀이법을 암기하는 형태로 학습이 진행되기 때문이다.[6] 2022년도 대학수학능력시험의 경우 과학탐구영역 물리 I 을 선택한 학생은 13.9%로 낮으며 물리 II 는 0.8%에 불과하였다. 어려움을 느끼는 또다른 이유는 학생들이 물리 과목 자체를 어렵고 재미없는 과목으로 인식하기 때문이다.[7] 특히 전자기학은 가시적이지 않은 전기장, 자기장과 같은 개념들을 포함하고 있기 때문에 다른 물리학 영역보다 학습하는데 더 큰 어려움을 느낀다.[8]

과학 과목은 개념과 원리를 이해하지 못하면 학습 동기 유발이 일어나지 않는다. 지속적인 학습을 유도하기 위해선 동기 유발이 필수이며 이를 위해 가상현실을 통한 연구가 진행되고 있다. 관련하여 과학에서 가상현실을 활용한 융합교육, 학업성취도 및 과학 관련 태도와 과학 흥미에 대한 연구 물리 현상 설명 방법 제안 등의 연구가 진행되었다.[9]

2.3 VR기반 학습 콘텐츠

VR기반 학습 콘텐츠는 비교적 최근 들어 연구가 진행되기 시작하였다. 2012년부터 2022년까지 국내에서 발표된 논문 중 VR을 교육과정에 적용하여 그 효과를 조사한 연구가 총 28편이며 출판 년도에 따라 발표된 수는 2012년부터 2018년까지는 4편, 2019년부터 현재까지는 24편 이상으로 연구 발표량이 급격히 증가하는 추세이다.[10] 이를 통해 HMD의 발전과 더불어 VR기술을 교육에 적용하는 연구의 관심이 높아지고 있음을 알 수 있다. 이에 따라 최근 교육 분야에서는 교육 매체에 가상현실 기술을 접목하여 다양한 활동적인 과학 실험을 할 수 있게 하는 콘텐츠의 요구가 증가하고 있다.[11]

가장 널리 알려진 VR콘텐츠는 가상의 박물관, 미술관 등에서 삼차원 혹은 이차원으로 모델링 된 삼차원 물체를 관측하는 형태이다. 여기서 발전하여 최근에는 가상 실험실을 구축하고 상호작용 가능한 삼차원 물체를 배치하여 체험자가 직접 조작할 수 있는 형태의 콘텐츠가 만들어지고 있다. 생명과학, 문학, 지구과학, 영어 등으로 다양한 주제의 콘텐츠도 연구되고 있으며[12], 본 논문에서 다루는 전자기장을 주제로 다룬 콘텐츠의 경우 실제 공학교육을 위해 제작된 VR플랫폼을 기반한 전자기학 수업 콘텐츠를 다룬 연구가 있다.[13]

3. 가상현실 교육 콘텐츠

개발된 가상현실 콘텐츠는 중고등학교 교육과정 중 전자기장 단원을 기반으로 한다. 2종의 콘텐츠가 제작되었으며 각각 자기장, 전기장의 기본 원리에 대한 내용을 포함한다. 각 콘텐츠는 개념강의, 문제풀이, 실습 순으로 진행된다.

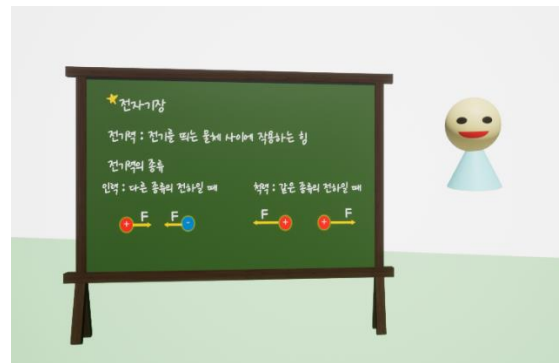


Figure 1. Virtual Character

개념강의는 교과서 진행 흐름을 따르며 주로 삼차원 공간 상에서의 장의 표현을 기반으로 진행된다. 삼차원 공간의 경우 집중해서 관찰해야 하는 영역에 대한 강조가 중요한데, 이는 Figure 1과 같이 가상의 캐릭터를 배치하여 해당 위치로 관심을 유도하는 형태로 구현되었다. 배치된 가상 캐릭터는 교수자의 역할도 수행한다. 녹음된 음성을 기반으로 캐릭터가 설명하는 방식으로 진행되며 필요시 삼차원 공간에 배치된 도구를 활용한다. 도구의 경우 전자기장을 실시간으로 표현할 수 있는 기능을 포함한다. 설명이 진행되는 동안 캐릭터는 가상의 공간을 이동하며 집중이 필요한 영역을 강조하는 등의 역할을 수행한다. 이러한 캐릭터는 학습 동기 부여를 강화하고 인지적 집중을 촉진할 수 있는 잠재력이 있기 때문에 일반적인 강의 형식보다 더 몰입도를 높여 학습의 집중도를 향상시킬 수 있다.[14] 또한 삼차원 공간을 통해 학습자료를 시각화하여 보여줌으로써 단순한 텍스트나 평면 그림보다 더욱 생동감 있고 명확한 정보 전달이 가능하다. 개발된 콘텐츠의 경우 전자기장 표현이 가장 중요하기 때문에 실제로 볼 수 없는 전하의 움직임과 전류의 흐름 등을 삼차원 공간에 표현하는 형태로 개념강의가 진행된다.

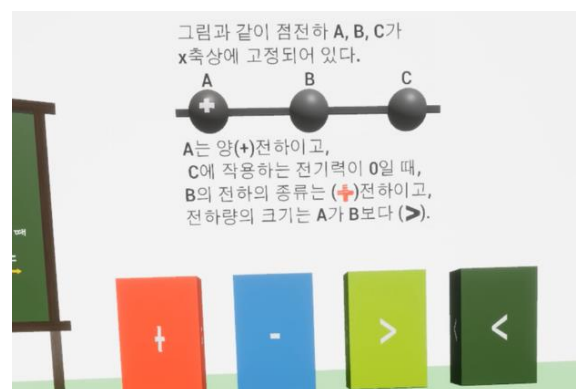


Figure 2. Conceptual test

문제풀이는 Figure 2와 같이 가상공간에서의 시각적인 효과를 제공하고 배치된 물체와의 상호작용을 활용하도록 구성되었다. 이러한 방식은 문제풀이의 흥미도를 높일 수 있으며 나아가 가상환경에서의 상호작용 원리를 학습할 수 있도록 해준다.

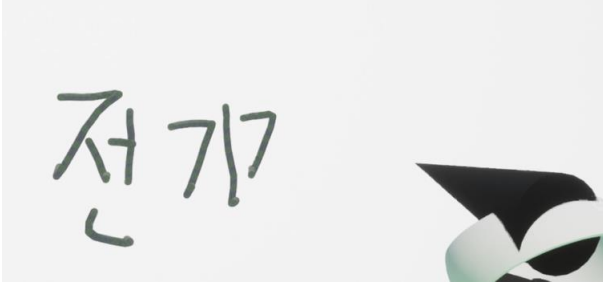


Figure 3. Virtual Pen

Figure 3은 가상공간에서 사용할 수 있는 펜이다. 메모가 필요한 문제 풀이 과정과 개념 정리를 위해 학습자가 가상공간에서 필기할 수 있는 기능을 제공하여 학습 편의성을 높이기 위해 가상 펜을 도입하였다.

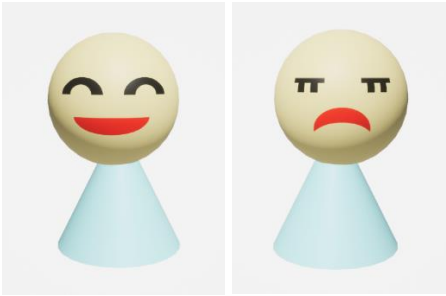


Figure 4. Change in character expression

확인 문제 정답에 따라 Figure 4와 같이 캐릭터에게 표정을 부여하여 학습자와 대화형 상호작용이 이루어지도록 하였다. 학습자들은 캐릭터의 표정 변화를 주시하며 자신의 학습 성과를 즉각적으로 확인할 수 있어 학습 태도에도 도움을 준다.



Figure 5. Electric field training space

Figure 5는 삼차원 공간에서 전기장을 직접 만들어보고, 실제 문제의 풀이 과정을 시각적으로 확인하여 이해에 도움을 주기 위해 구성된 실험 공간이다. 칠판에는 전기장과 관련된

식과 개념의 내용이 담겨 있다. 책상에는 실험 도구가 배치되어 있어 전기장의 속성을 도구를 통해 확인할 수 있도록 하였다. 전기장을 직접 삼차원 공간에서 만들어 보는 실습과 실제 수능 기출 문제도 배치하여 전기장에 관련된 문제 풀이의 과정과 원리를 직접 시각화로 경험하며 해결할 수 있도록 구축하였다.

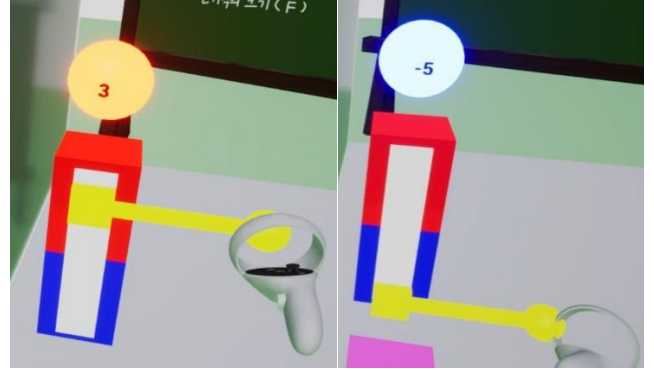


Figure 6. Positive charge and Negative charge

Figure 6에 보여지는 실험도구를 조정함으로써 전하의 개수 제한없이 원하는 대로 생성할 수 있고 전하의 크기에 따른 양전하와 음전하를 임의로 설정할 수 있도록 하였다. 전하의 크기에 따라 빛을 내는 정도의 차이를 두어 발광 효과를 전하에 주었기 때문에 전하가 존재하는 주변의 공간은 어둡게 처리하여 시각적인 요소를 극대화했다.

3차원 공간에 시각적인 표현을 위해 벡터로 나타내어진 전기장의 방향을 회전량으로 표현할 수 있게 변환한 식은 다음과 같다.

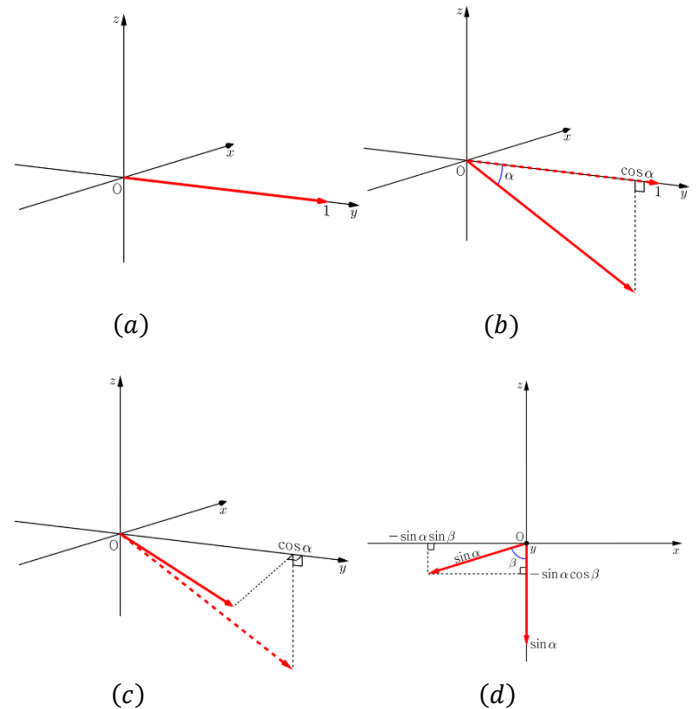


Figure 7. 3D representation Graph

Figure 7 - (a),(b),(c)는 y 축을 바라보는 길이가 1인 벡터를 x 축을 회전축으로 α 만큼 회전시키고 다시, y 축을 회전축으로 β 만큼 회전시키는 과정이다. Figure 7 - (d)는 (c)의 좌표공간의 벡터를 y 축에서 바라본 그림이다.

$$(-\sin(\alpha)\sin(\beta), \cos(\alpha), -\sin(\alpha)\cos(\beta)) \quad (1)$$

(1)은 위의 그림과 같은 방향을 삼차원 공간에 표현하기 위한 벡터이다. 즉, 방향은 점과 점전하를 잇는 직선과 나란하고 크기는 전기장의 세기인 $k\frac{Q}{r^2}$ (단, k 는 쿨롱 상수, Q 는 전하량, r 은 전하 사이의 거리이다) 벡터들을 모두 합한 벡터를 정규화 한 것을 (X,Y,Z) 라고 하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} X &= -\sin(\alpha)\sin(\beta) \\ Y &= \cos(\alpha) \\ Z &= -\sin(\alpha)\cos(\beta) \end{aligned} \quad (2)$$

삼각함수의 역함수를 이용해서 α 와 β 값을 구하는 과정은 다음과 같다. \cos^{-1} 의 공역이 $0 \leq x \leq \pi$ 일 때,

$$\begin{aligned} Z \leq 0 \text{ 이면, } \alpha &= \cos^{-1}(Y) \\ Z > 0 \text{ 이면, } \alpha &= 2\pi - \cos^{-1}(Y) \end{aligned} \quad (3)$$

즉, 벡터를 구하기 위한 α 와 β 의 식은 다음과 같이 정리된다.

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\pi}{Z}(Z + |Z|) - \frac{|Z|}{Z}\cos^{-1}(Y) \\ \beta &= \sin^{-1}\left(-\frac{X}{\sin(\alpha)}\right) \end{aligned} \quad (4)$$

위의 식을 토대로 삼차원 공간에서 전기장의 방향을 대입하여 만들어진 전기장의 모습은 Figure 8과 같다.

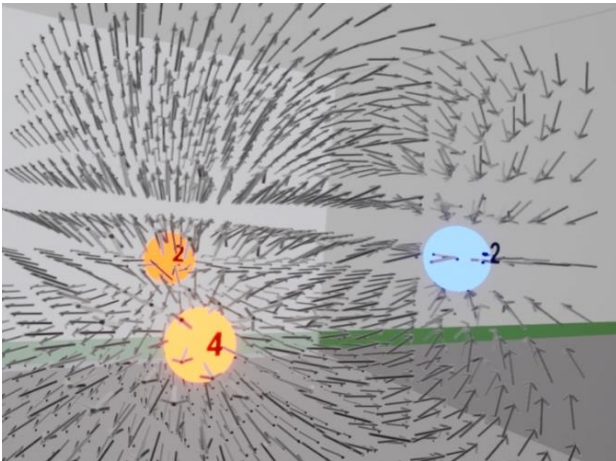


Figure 8. Making an electric field

학습자가 원하는 대로 움직이는 위치에 따라 실시간으로 달라지는 전기장의 모습을 확인할 수 있다. 전하량이 고려된 전기장이 어떻게 형성되는지 전하에 따라 어떻게 변하는지를 명확하게 인지하며 전기장의 형태와 특성을 직관적으로 이해할 수 있다. 이차원 자료로는 표현할 수 없었던 공간의 제약이 없는 전기장의 모습을 확인함으로써 새로운 경험과 지식을 얻을 수 있다.

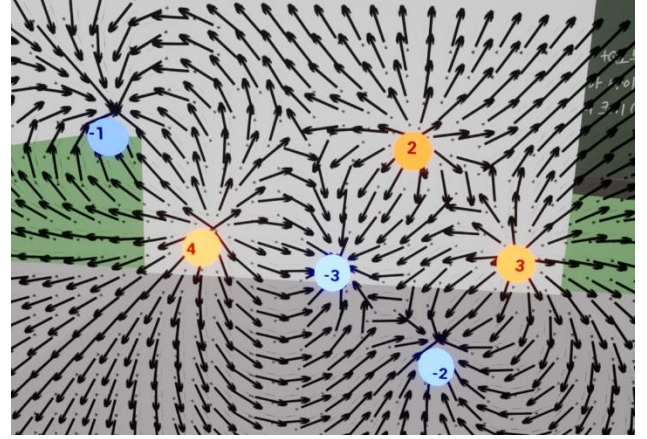


Figure 9. Making an electric field for problem

문제 풀이를 위한 전기장의 공간도 Figure 9와 같이 제공되었다. 이미 배치된 전하여도 자유롭게 위치를 이동시킬 수 있고 전하를 전기장 공간 밖에 두면 계산에서 제외가 된다. 즉 임의의 전기장 안에 존재하는 전하의 전기장이 생성된다. 실시간으로 변화하는 전기장의 모습을 확인하며 문제를 해결할 수 있다. 학습자들이 전기장에 대한 문제 풀이 과정을 시각적으로 경험하고 실시간으로 관찰하여 해결함으로써 이해도 향상을 높여준다.

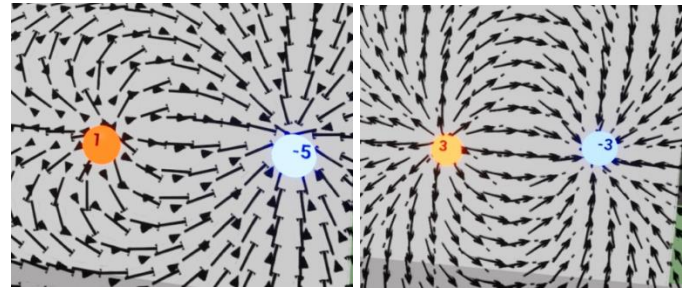


Figure 10. Difference according to the amount of charge

Figure 10은 전하량의 영향에 따라 다른 표현을 해주는 전기장의 모습을 나타낸 것이다. 이렇게 전기장의 형태와 강도가 변화함을 관찰하는 실험적인 환경을 통해 전기장이 생성되는 모양에 대한 이해를 촉진시키고 문제 해결 과정에 있어 직관적이다.

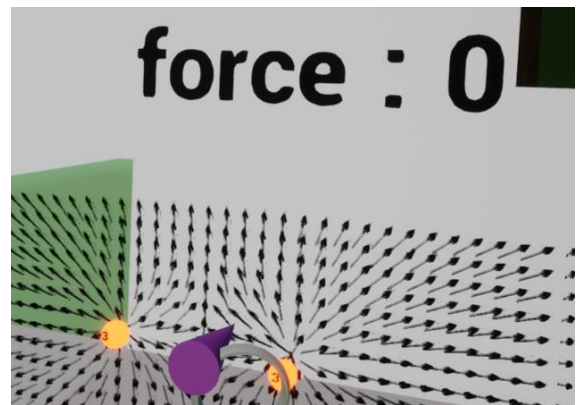


Figure 11. Electric field strength measuring tool

Figure 11은 전하량이 +3으로 같은 두개의 전하 사이에 전기장의 세기가 0인 모습이 나타나고 있다. 측정기로 전기장의 세기를 측정하는 모습이다. 기출 문제의 풀이 과정에 도움을 줄 수 있도록 전기장의 세기를 알아볼 수 있는 측정도구를 도입하였다. 전기장의 임의의 위치에서 세기를 수치로 확인할 수 있다.

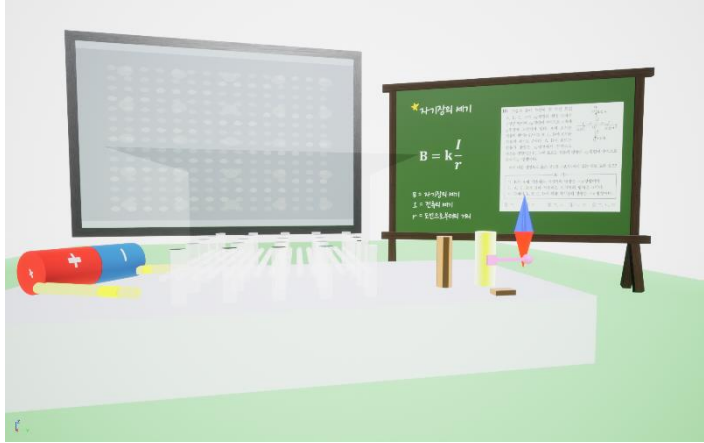


Figure 12. Magnetic field experimental space

Figure 12는 전류가 흐르는 직선 도선에 의한 자기장을 생성하고 관찰해보는 과정을 담은 실습 공간이다. 칠판에는 자기장의 세기를 구할 수 있는 식과 기출 문제의 내용이 담겨있다. xy 평면으로 표현되는 기출 문제를 삼차원 공간에서 전류가 흐르는 직선 도선을 원하는 공간에 배치하고 생성되는 자기장을 직관적으로 확인할 수 있다. 전류의 세기, 방향을 임의로 설정하여 도선을 생성하는 도구와 나침반(단, 지구 자기장의 영향은 받지 않는다)의 방향을 알 수 있게 하는 도구를 준비해 놓았다. 문제 풀이의 이해를 돕기 위해 별도의 카메라를 두어 위측면을 볼 수 있는 기능을 구현하였다.



Figure 13. Create a straight wire

Figure 13은 전류가 흐르는 직선 도선 생성 도구를 보여준다. 전류가 흐르는 방향, 세기를 직접 조절하여 원하는 직선 도선을 레버를 통하여 개수의 제한 없이 생성할 수 있다. 레버를 조정하고 나면, 전류가 흐르는 방향이 시각적으로 보여지는 도선이 나타난다. 이런 표현으로 전류의 흐름을 지속적으로 파악할 수 있다.



Figure 14. Arbitrary placement of conductors

Figure 14는 문제와 동일한 환경을 만들기 위해 균일하게 투명 유리를 배치해 놓은 상태이다. 이차원의 문제 표현을 삼차원 공간에 표현하기 위해 직접적인 배치가 필요하므로 문제에 맞는 위치에 둘 수 있도록 편의성을 주었다.

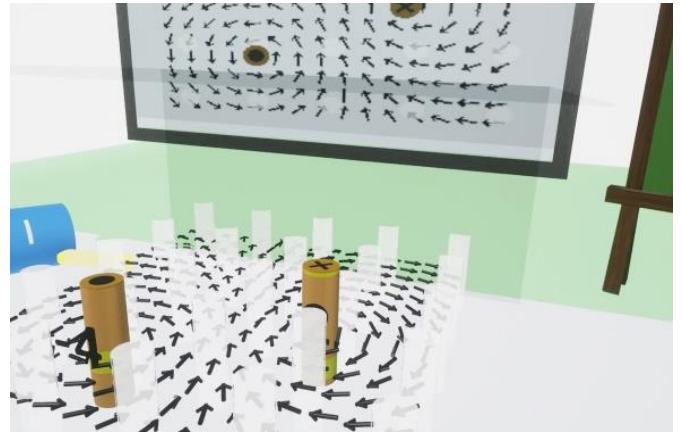


Figure 15. Magnetic field by a straight wire

Figure 15는 직선 도선이 배치되어 임의로 있는 모습이다. 학습자가 원하는 위치를 움직임에 따라 실시간으로 달라지는 직선 도선에 의해 만들어지는 자기장을 눈으로 확인할 수 있다. 눈에 보이지 않는 전류, 직접 실험할 수 없는 도선을 가지고 여러 개 일 때도 고려되어 시각적으로 자기장이 어떻게 만들어지는지 확인할 수 있으므로 학습에 큰 효과를 준다.

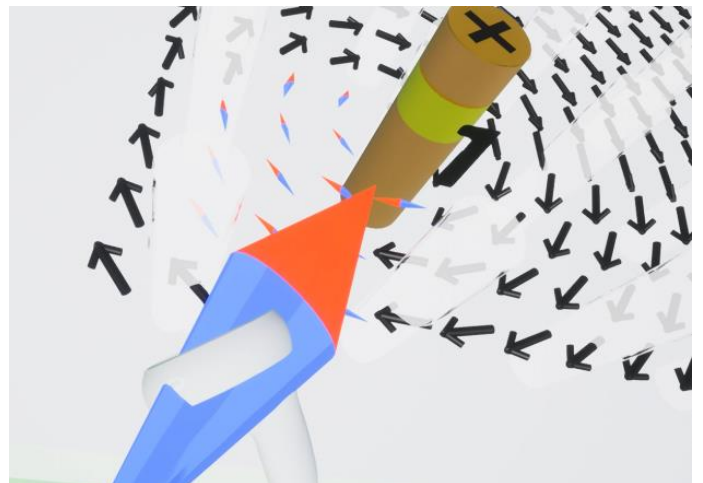


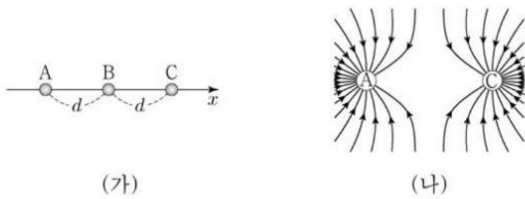
Figure 16. Check compass direction

도구인 나침반을 나타내고 있는 Figure 16이다. 나침반을 원하는 공간에 두면 나침반 영향에 따라 바뀌는 나침반 방향의 모습이 실시간으로 확인이 가능하다.

4. 결과

본 논문의 가상현실 학습 콘텐츠는 중고등학교 과학 교육과정 중 전자기장 단원을 주제로 이루어졌다. 아래의 Figure 17, 19는 물리 I, 물리 II 전자기장 단원의 대학수학능력시험 대비 기출 문제를 나타낸 것이다.

12. 그림 (가)는 점전하 A, B, C가 x 축상에 일정한 간격 d 만큼 떨어져 고정되어 있는 모습을 나타낸 것이다. A, B, C 각각에 작용하는 전기력은 모두 0이다. 그림 (나)는 (가)에서 B를 제거했을 때의 전기력선을 나타낸 것이다.



(가)에서 C를 제거했을 때의 전기력선을 나타낸 것으로 가장 적절한 것은? [3점]

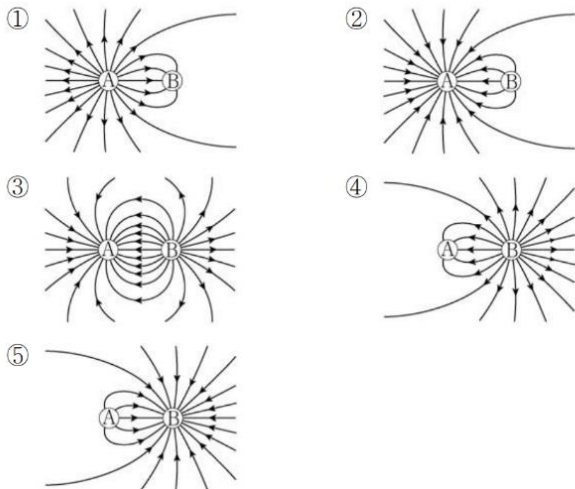


Figure 17. Electric field test

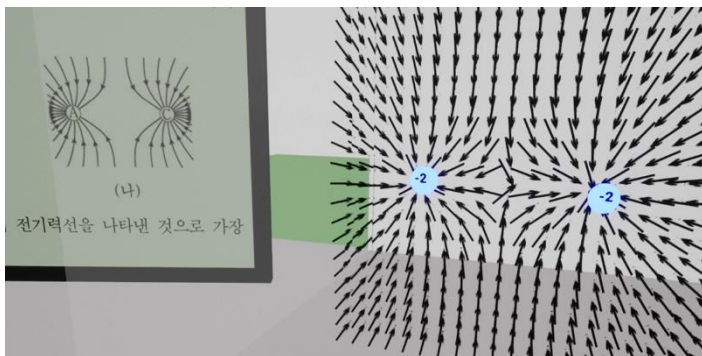


Figure 18. Electric field practice

Figure 18은 문제에 나온 전기력선의 모양을 가상 실험 환경으로 전기장의 모양을 똑같이 만들어 본 결과이며 학습자가 직접 모양을 만들어보고 실시간으로 시각적인 확인을 할 수 있어 문제의 해결 과정의 이해도가 향상되는 결과를 얻었다.

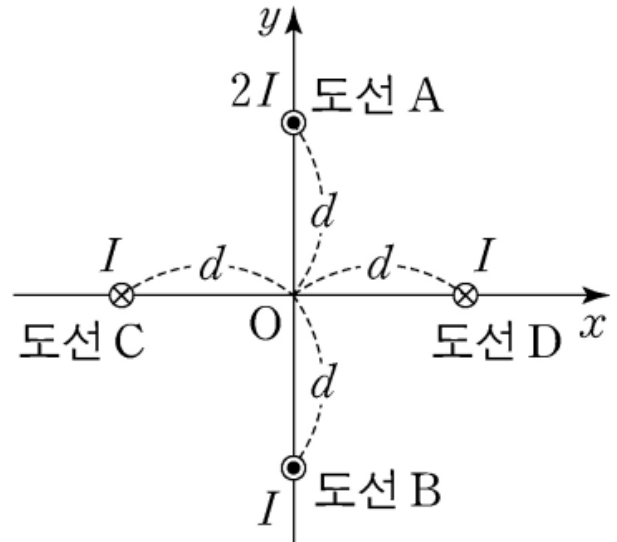


Figure 19. Magnetic field test

Figure 19에서 보여지는 자기장 관련 문제도 마찬가지로, 문제에서는 평면상으로 전류가 흐르는 도선이 표시되지만 삼차원 공간에서 직접 실험해 볼 수 있는 공간을 제공함으로써 문제 풀이와 이해에 도움을 주는 결과를 얻을 수 있었다.

학습 콘텐츠는 중고등학교 과정 과학 탐구 물리 영역의 전자기장을 주제로 효과성 확인을 위해 설문조사를 진행하였다. 설문 참여자의 대상은 물리 전공자가 아닌 40명의 공학계열 대학생과 전자기장의 개념을 알고 있는 6명의 중학생을 대상으로 실험하였다. 실험 참여자들에게 물리 전자기장 지식의 사전 조사를 받고, HMD기기(Oculus Quest2) 착용 후 콘텐츠를 체험하는 과정이 이루어졌다. 가상환경 내에 비치된 실험 도구를 활용하여 문제를 풀며, 실습이 진행하기 위해 필요한 개념 강의 영상으로 콘텐츠를 체험이 진행되었다. 이후 설문 조사를 실시하였다. 콘텐츠는

문제를 푸는 속도가 다르기 때문에 최대 10분 이내의 시간이 소요되었고, 학습자는 움직임 없이 앉은 자리에서 체험할 수 있도록 하였다. HMD기기 사용 도중 멀미 현상을 느낀 학습자의 비율로는 13%로, 대체적으로 멀미 현상이 없다고 응답하였다.

위의 답변으로 보았을 때 가상현실을 활용한 학습으로 삼차원 공간으로 확장한 학습으로 이해도 향상에 도움이 되었으며, 관심이 없던 물리였어도 흥미가 유발되어 물리 학습에 대한 학습자의 태도에 변화를 준 것으로 볼 수 있다. 그리고 가상환경과 강의 몰입도 요소에 불만족이 있는 이유로는 가상의 캐릭터 외적으로 보이는 미적요소가 저하인 의견, 가상환경 공간의 어색함의 의견이 다수였다. 이에 따른 개선이 필요해 보인다. 이외로는 85% 이상으로 긍정적인 답변을 받은 것이 확인되었다.

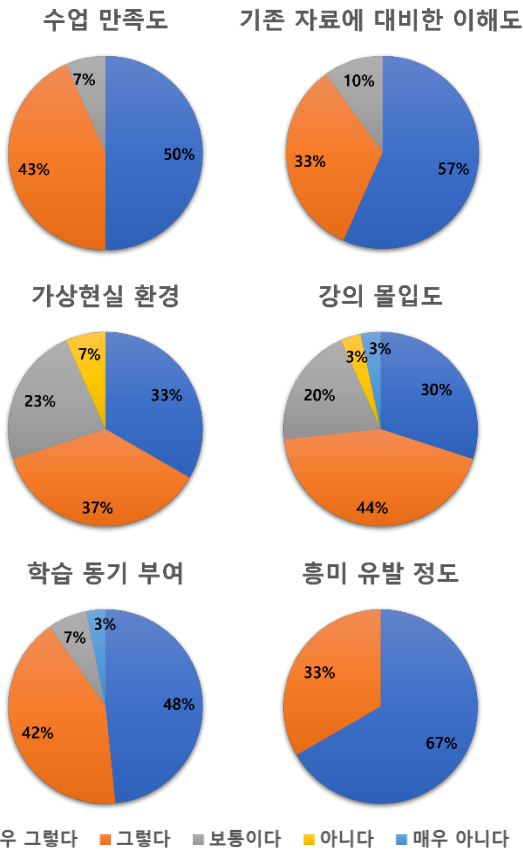


Figure 20. Circular chart for college students

Figure 20은 대학생들을 대상으로 한 설문조사 결과를 차트로 표현한 것이다. 조사항목으로는 가상현실 환경, 강의 몰입도, 수업 만족도, 학습 동기부여, 기존 자료에 대비한 이해도, 흥미 유발 정도 요소가 포함되었다. 사전조사인 물리 전자기장 단원의 개념을 알고 있는지에 대한 응답으로는 모른다 55%, 보통이다 33%, 알고 있다 12%의 비율로 받았다. 물리 과목이 어렵고 이해가 되지 않아 관심이 없다는 의견이 대부분이었다. 하지만 위의 차트 응답 결과를 보면 알 수 있듯이 높은 이해도, 학습 동기 부여, 흥미 유발에 있어 가장 긍정적인 결과를 얻었다. 아래는 3명의 답변을 정리한 내용이다.

학생 9 : 실시간으로 전하를 볼 수 있다는 게 신기하여 평소 관심이 없었던 물리이지만 지속적인 학습을 받게 되면 흥미를 가질 것 같다.

학생 23 : 물리적 현상을 가상현실로 눈앞에서 직관적으로 볼 수 있어서 신기했다.

학생 25 : 개념을 이해하는 점에 있어서는 정말 효과적이다. 음성으로, 2D그림만으로는 설명이 부족했던 부분을 확실하게 이해시키는 데에 있어 큰 도움이 될 것 같다



Figure 21. Experience learning content

Figure 21은 중학교 3학년 6명을 대상으로 진행된 실험에서 HMD기기를 착용하고 학습 콘텐츠를 체험하는 모습이다.

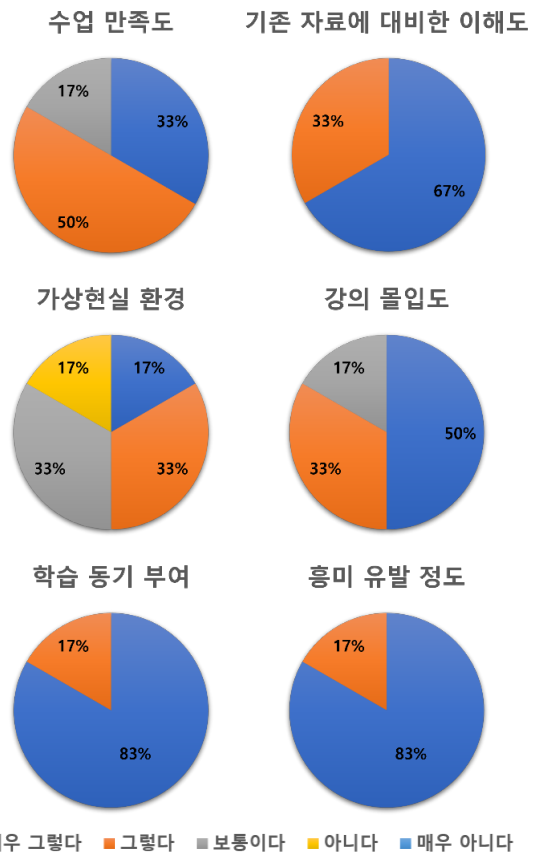


Figure 22. Circular chart for middle school students

Figure 22는 중학생들을 대상으로 한 설문조사 결과를 차트로

표현한 것이다. 조사 항목으로는 Figure 20의 내용과 같다. 그래프에서 볼 수 있듯이 각 항목에 대해 그렇다는 답변이 평균적으로 86% 이상의 응답을 얻을 수 있었다. 사전 조사로 받은 물리 전자기장 단원의 개념을 알고 있는지에 대한 응답으로 모른다 0%, 보통이다 33%, 알고 있다 67%의 비율인 답변을 받았다. 물리 전자기장 단원 내용을 알고 있어도 이해 수준은 단순 암기였지만 가상환경의 학습 후 암기를 통한 내용 습득을 공간적으로 확장되어 이해를 더 쉽게 할 수 있었다는 의견을 받았다. 이와 같이 가상현실을 이용한 학습 콘텐츠로 공간적인 개념을 통한 이해도 증가, 가시화로 흥미 유발 등 기초 과학 교육 학습도 증진에 도움을 줄 수 있음을 알 수 있다.

감사의 글

본 논문은 한국공학대학교 LINC+사업의 지원을 받아 작성되었습니다.

References

- [1] 임희주.(2019).교양영어수업에서 가상현실 (VR) 앱 활용에 대한 연구.Korean Journal of General Education,13(5).
- [2] Porter, C. D., Smith, J. R., Stagar, E. M., Simmons, A., Nieberding, M., Orban, C. M., Ayers, A.(2020).Using virtual reality in electrostatics instruction: The impact of training.Physical Review Physics Education Research,16(2),020119.
- [3] 신승훈, 임수연.(2021).Hand Tracking을 이용한 가상현실 전시관과 상호작용 콘텐츠 제작. 한국과학예술융합학회,39(5),175-185.
- [4] 윤상은, “작년 AR·VR 헤드셋 출하량 전년比 두 배 증가,” ZDNET Korea, [Internet] Available:https://zdnet.co.kr/view/?no=20220323142242, 2022.
- [5] kyu Lee, J., change Kim, Y.(2021).A study on the immersive metaverse system to improve the concentration of education.The e-Business Studies (Tebs),22(6),3-14.
- [6] 이봉우, 김희경.(2006).학생들이 물리를 재미없고 어렵다고 생각하는 이유에 대한 분석.한국과학교육학회 학술발표 및 세미나집,2006,20-20.
- [7] Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., Boyes, E., Dickson, D.(2003).Why aren't secondary students interested in physics?.Physics Education,38(4),324.
- [8] Pepper, R. E., Chasteen, S. V., Pollock, S. J., Perkins, K. K.(2012).Observations on student difficulties with mathematics in upper-division electricity and magnetism.Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 8(1),010111.
- [9] 김우겸, 최동열, 박승철, 김희수.(2019).가상현실 기술을 활용한 학습이 학습 동기에 미치는 영향.과학교육연구지,43(3),271-283.
- [10] 정지훈, 이영선.(2022).일반 및 특수 교육과정에서의 가상현실 (VR) 적용 연구 고찰.디지털콘텐츠학회논문지,23(6),1041-1049.

- [11] 김연정, 윤세희, 신병석.(2021).포물선 운동을 중심으로 한 가상현실 기반물리 실험 교육 시뮬레이터 개발.정보처리학회논문지/소프트웨어 및 데이터 공학 제,10(1),1.
- [12] 고유경.(2018).VR 을 활용한 역사교육.인문사회 21,9(6),487-500.
- [13] 이용선, 이택희.(2022).공학교육 현장에서의 메타버스 플랫폼 및 콘텐츠 활용.Journal of the Korea Computer Graphics Society,28(3),31-43.
- [14] Sun-Hee Chang, Min-Soo Park, “Analysis of User's Gaze according to the Expression of Contents Components : Focusing on VR 360° Videos”, Journal of Digital Contents Society,Vol.23,No.2,pp. 237-245,2022.

〈 저 자 소 개 〉



이 재 윤

- 한국공학대학교 학사과정
- <https://orcid.org/0009-0000-2376-4052>



이 택 희

- 1997-2001 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사
- 2001-2009 서울대학교 컴퓨터공학부 박사
- 2009-2012 삼성전자 무선사업부
- 2017-현재 한국공학대학교 게임공학부 부교수
- 관심분야 : VR, AR, MR, XR, 체감형 콘텐츠
- <https://orcid.org/0000-0003-2985-3229>