CONTENTS PLUS

한국영상학회논문집

Journal of Korean Society of Media & Arts Vol.20, No.6
https://doi.org/10.14728/KCP.2022.20.06.037

메타휴먼을 활용한 디지털 휴먼 제작 교육 프로그램 개발

Development of an Education Program of Digital Human Creation Using MetaHuman

주저자

유미 (You, Mi)

서울예술대학교 영상학부 디지털아트전공 조교수
Professor, Dept. of Digital Arts, Seoul Institute of the Arts
anubodhih@gmail.com

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

* This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2020S1A5A8046388)

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

Abstract

Recently, as the scope of use of digital contents has expanded, the demand for a digital human, a humanoid character, has increased. However, creating realistic virtual characters is much more difficult than creating ordinary virtual objects. Unreal Engine's MetaHuman, released in 2021, was developed to make it easy for anyone to create highly realistic humanoid characters. In this paper, we survey various technical elements of the virtual character production system. Among them, we focus on MetaHuman technology, a realistic digital human production system, and we examine the systemic characteristics and possibilities of MetaHuman. Afterwards we develop a new education program of digital human creation using MetaHuman and analyze the results that can be obtained when educating students through an actual curriculum. The students easily adapted to the new production environment of MetaHuman and created their own character to represent the school. After they set the personality in detail, they proceeded with an exterior design that reflected it. The main keywords derived by the students were 'passion, courage, art, challenge, collaboration, creativity, communication, and technology'. Keywords such as 'freedom, lively, subjective, unique, curious, fun and pleasant, attractive, young, well suited to red, dignified, modern woman, full of passion' were also used. The gender of the virtual influencer representing the school is not biased to one side, and the male-to-female ratio is produced similarly. They created a unique virtual influencer rather than a pretty character. As the field of digital humans is expected to expand in line with the expansion of the Metaverse in the future, the concept and production ability of digital humans learned through this curriculum will be able to contribute to nurturing future talent.

Keywords

Digital human, Virtual Character, MetaHuman, Unreal Engine, Curriculum

국문초록

최근 디지털 콘텐츠의 활용 범주가 넓어지면서 인간형 캐릭터인 디지털 휴먼의 수요가 늘어나게 되었다. 그러나 사실적인 가상 캐릭터를 제작하는 것은 일반적인 가상 오브젝트를 만드는 것보다 훨씬 어렵다. 2021년에 발표된 언리얼 엔진(Unreal Engine)의 메타휴먼(MetaHuman)은 매우 사실적인 인간형 캐릭터를 누구나 손쉽게 생성할 수 있도록 개발되었다. 본 연구에서는 가상 캐릭터 제작 시스템의 여러 기술적 요소에 대하여 살펴보고 그 중 사실감 있는 디지털 휴먼 제작 시스템인 메타휴먼에 주목하였다. 메타휴먼의 시스템적 특성과 가능성을 살펴보고 실제 교육과정으로 구성하여 학생들에게 교육하였다. 학생들은 메타휴먼이라는 새로운 제작 환경에 쉽게 적응해 나가면서 학교를 대표하는 고유의 캐릭터를 만들어 갔다. 학생들은 단순히 외모만 디자인하는 것을 넘어 구체적으로 성격을 설정한 후 이를 반영한 외형 디자인을 진행하였다. 학생들이 도출해 낸 메인 키워드로는 '열정, 용기, 예술, 도전, 협동, 창의, 소통, 기술력' 등이 있었으며, '자유롭다, 발랄함, 주관이 확실하다, 개성 있는, 호기심 많은, 재미있고 유쾌한, 매력적인, 젊은, 붉은색이 잘 어울리는, 당당한, 현대 여성, 열정 가득' 등의 키워드를 사용하였다. 학교를 대표하는 버추얼 인플루언서의 성별은 크게 한쪽으로 치우쳐지지 않고 남녀 비율이 비슷하게 제작되으며, 이상적으로 예쁘기만 한 캐릭터보다는 가상 인플루언서의 성격이 표현되는 개성있는 인물을 제작한 경우가 많이 있었다. 앞으로 디지털 휴먼의 영역이 메타버스의 확장과 맞물려 넓어지리라 예상되는 만큼 본 교육과정을 통해 학습한 디지털 휴먼의 개념과 제작 능력은 미래형 인재 양성에 기여할 수 있으리라 생각된다.

중심어

디지털 휴먼, 가상 캐릭터, 메타휴먼, 언리얼 엔진, 교육과정

1. 서론

컴퓨터 그래픽스 기술이 발전하면서 이를 통해 만들어진 가상세계의 사실감은 날로 높아지고 있다. 2021년 말에 개봉한 영화 〈매트릭스 : 리저렉션〉과 이에 맞춰 제작된 데모 게임 〈매트릭스 어웨이큰스〉에서 선보이는 가상공간의 사례를 살펴보았을 때, 장르를 불문하고 두 가상공간 모두 디테일과 사실감이 매우 높은 수준으로 만들어졌음을 알 수 있다. 컴퓨터 그래픽스 역사의 초창기에 개발된 가상세계가 낮은 품질의 3D 오브젝트로 표현되었던 것을 생각하면, 현재 선보이는 가상세계는 실로 놀라울 정도의 수준으로 새로운 세계가 창출된다고 볼 수 있다.

가상세계는 제작된 결과물의 장르에 따라 실시간으로 사용될 것인지, 비실시간으로 사용될 것인지로 나눌 수 있다. 전통적으로 가상공간이 비실시간으로 사용된 장르는 영화나 드라마와 같은 영상 분야이다. 앞서 예시로 든 〈매트릭스〉 영화 시리즈에 나오는 가상세계의 상당 부분은 VFX 기술로 제작되었으며, 최근에 방영되는 여러 넷플리스 드라마에서도 영화와 비슷한 제작방식으로 구축된 가상공간을 사용하여 영상을 만들고 있다. 영상 분야에서 사용하는 가상공간은 주로 마야(Maya)나 쓰리디맥스(3dsMax)와 같은 3D 제작 프로그램을 사용해 제작되며, 이후에 실사 촬영된 배우를 합성해 영상을 완성하게 된다(유미, 2021). 반면, 게임 장르에서는 제작된 가상공간이 실시간으로 사용된다. 언리얼(Unreal)이나 유니티(Unity)와 같은 게임 제작 프로그램을 사용하여 가상세계를 구축한 후 실시간으로 입력되는 게이머의 반응에 따라 가상 캐릭터가 가상공간을 이동하게 된다.

몇 년 전만 하더라도 게임의 가상세계 품질은 영화의 그것과 사뭇 달랐다. 영화에서는 영화를 제작하는 기간 동안 가상공간 제작에 오랜 시간을 공들여 만들기 때문에 인간의 시각으로는 현실과 구분이 안 될 정도로 사실적인 결과물을 생성하기에 이르렀다. 그러나 게임은 게이머들이 실시간으로 조작하는 명령에 따라 반응해야 하기 때문에 가상세계의 품질을 높이는 데에만 집중할 수 없었다. 컴퓨터가 실시간으로 게임을 구동할 수 있는 사양에 맞춰야 하기 때문에 실시간 반응을 위하여 게임의 그래픽 품질을 낮출 수 밖에 없었다. 그러나 그래픽을 처리할 수 있는 그래픽 카드 사양이 높아지고 이를 충분히 활용할 수 있는 게임 엔진이 발전하면서 매우 사실적인 게임들이 발매되기 시작하였다. 최근 게임 엔진들이 영화에 근접하는 그래픽 퀄리티를 제작해 내기 시작하면서 점차 영상과 게임의 가상세계의 품질 차이가 줄어들게 되었다.

이러한 게임 엔진의 발전은 영화에서 나올법한 고품질의 가상 캐릭터를 실시간으로 획득할 수 있는 수준까지 올라가게 되었다. 2021년에 발표된 언리얼 엔진(Unreal Engine)의 메타휴먼(MetaHuman)은 매우 사실적인 인간형 캐릭터를 누구나 손쉽게 생성할 수 있도록 개발되었다. 인간형 캐릭터는 디지털 콘텐츠에 거의 필수적으로 등장하는 주요 캐릭터로서 영화, 게임, 메타버스(Metaverse) 등 가상공간을 무대로 하는 콘텐츠에서 자주 등장하게 된다(박민규, 강주미, 윤주홍, 2021). 디지털 콘텐츠의 활용 범주가 넓어지면서 인간형 캐릭터인 디지털 휴먼의 수요가 늘어나게 되고, 특히, 고품질의 3D 휴먼 모델을 생성하는 기술에 대한 수요 역시 늘어나고 있다. 사실적인 가상 캐릭터를 제작하는 것은 가상세계에서 필수적이나 일반적인 가상 오브젝트를 만드는 것보다 훨씬 어렵다. 메타휴먼에서 선보인 이 기술은 제작자들이 겪는 이러한 어려움을 쉽게 해결해준다.

본 연구에서는 가상 캐릭터 제작 시스템의 여러 기술적 요소에 대하여 살펴보고 그 중 사실감 있는 디지털 휴먼 제작 시스템인 메타휴먼에 주목한다. 메타휴먼은 언리얼 엔진에서 개발한 가상 캐릭터 생성 시스템으로 제공되는 데이터가 실제 스캔 데이터를 기반으로 하고 있기 때문에 물리적으로 사실적인 메타휴먼을 제작할 수 있게 해준다. 여기서는 메타휴먼의 시스템적 특성과 가능성을 살펴보고 실제 교육과정으로 구성하여 학생들에게 교육하게 되었을 때 얻어낼 수 있는 결과물에 대하여 분석해본다. 이를 통해 4차산업혁명, 메타버스, 5G, 초시대와 같은 과학기술에 대한 용어를 어렵지 않게 듣고 있는 시대를 살고 있는 우리 학생들의 디지털 역량을 강화시켜 미래 인재로 양성할 수 있도록 한다.

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

2. 디지털 휴먼(Digital Human)

2.1. 디지털 휴먼의 정의

최근 엔터테인먼트 시장에서 메타버스, 버튜버, 버추얼 프로덕션 등과 같이 가상현실 기술을 활용한 콘텐츠가 주요 트렌드로 떠오르면서 고품질의 디지털 휴먼을 생성하는 기술에 대한 수요가 급증하고 있다. 사실적인 디지털 휴먼을 생성하고자 하는 요구는 기존 엔터테인먼트 분야인 영화나 게임에서도 많이 대두되어 왔으며, 이에 대한 연구는 지난 30여 년간 다양한 연구소, 학교, 기업 등에서 폭넓게 진행되어 왔다. 현재의 영화나 게임에서 보여지는 고품질의 정밀한 디지털 휴먼을 생성하기 위해서는 수일에서 수개월에 이르는 숙련된 전문가의 작업을 필요로 하며, 이를 위한 고도화된 여러 기술이 접목되어진다.

우리가 흔히 생각하는 3D 컴퓨터 그래픽으로 만들어진 사람 형태의 캐릭터는 디지털 휴먼(Digital Human), 3D 가상 인간, 버추얼 휴먼(Virtual Human), 가상 캐릭터, 디지털 더블(Digital Double), 디지털 액터(Digital Actor) 등 다양한 이름으로 불린다. 이들에 대하여 일반적으로 생각하는 특징은 실제 사람과 비슷한 수준의 외형을 보유하고 있으며, 사람이 하는 동작과 흡사한 움직임을 표현해 낼 수 있는 컴퓨터 그래픽으로 제작된 인간이라는 것이다. 이에 대하여 명확한 기준이 없이 혼용해서 사용하고 있는 경우가 종종 있다. 메타버스를 연구하고 함께 일하고자 뭉친 전문가들의 집합인 Virtuals 에서는 디지털 휴먼(Digital Humans), 버추얼 휴먼(Virtual Humans), 그리고 디지털 더블(Digital Double)에 대해서 이렇게 정의[1]하고 있다.

먼저, 디지털 휴먼은 사실적인 3D 인간 모델로 게임이나 영화에서 자주 볼 수 있는 디지털 형식의 인간 모형과 같다. 최근의 디지털 휴먼은 더욱 복잡한 3D 휴먼 모델로 발전하고 있으며, 최근 개발된 고급 기술을 활용하여 외모와 움직임에서 사실적인 결과를 생성한다. 디지털 휴먼과 일반적인 3D 휴먼 모델(3D Human Model)과의 가장 큰 차이점은 사실성이다. 이것이 에셋 스토어에서 몇 달러에 찾을 수 있는 단순하고 낮은 폴리곤의 휴먼 모델과 차별화되는 점이다.

디지털 에밀리(Digital Emily)는 디지털 휴먼의 좋은 예시로 사실적인 휴먼 모델링의 현주소를 보여준다. 이 프로젝트는 2008년 SIGGRAPH Expo에서 선보인 이후 7년이 지난 2015년에 Wikihuman Project[2]의 일환으로 새로운 버전이 공개되었다. 디지털 에밀리가 처음 공개되었을 때에도 모델링과 얼굴 표정 및 재질을 매우 사실적으로 재생산하여 마치 살아있는 사람처럼 느끼게 함으로써 사람들에게 매우 놀라움을 선사했었다. 2015년 새롭게 공개된 디지털 에밀리 2.0에서는 미세한 피부 주름과 모공과 같은 세밀한 부분까지 구현해 냄으로써 극대화된 사실감을 성취할 수 있었다. 〈그림 1〉에서 디지털 에밀리가 진화하는 모습을 확인할 수 있다.

〈그림 1〉 Digital Emily의 발전 과정 (ICT)

디지털 휴먼이 복잡하고 사실적인 고가의 3D 에셋인 반면 버추얼 휴먼(Virtual Human)은 인간 그 자체에 더

1) Alvaro, L. T. (2020, February 12). *Digital humans, virtual humans, digital doubles... what's the difference?*, Retrieved from https://virtuals.co/digital-humans-virtual-humans-differences-overview/

2) The Wikihuman, http://www.wikihuman.org/

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

가깝다. 버추얼 휴먼은 외형적으로 인간과 흡사한 것을 넘어 인간으로서 가지는 내면적인 속성도 일부 가지고 있느냐를 판단의 기준으로 삼는다. 버추얼 휴먼은 성격이나 이야기를 품고 있는 조수, 배우, 영향력 있는 사람과 같은 직업이 있는 디지털 휴먼이다. 물론 모든 버추얼 휴먼이 디지털 인간이 아니라고 주장할 수 있으며, 일부는 양식화되거나 만화 캐릭터일 수도 있다. 그러나 버추얼 휴먼은 3D 에셋의 품질에 관계 없이 하나의 생명체로 만들어져 본격적인 사용 사례를 명확하게 구분 지을 수 있다. 전자가 그 자체로는 아무것도 하지 않는 에셋이라면, 후자는 소프트웨어에 통합된 에셋으로, 기술적 숙련도, 대화형 스토리텔링 또는 비즈니스 통찰력이 복합적으로 혼합되어 생생하게 반응하며 고유의 목적이 부여된다. 버추얼 휴먼은 가상 비서, 컨시어지 또는 버추얼 인플루언서가 될 수 있으며, 그들은 IT 데스크 엔지니어, 첫 HR 연락처 또는 Instagram에서 팔로우하는 캐릭터 등이 될 수 있다. 버추얼 휴먼이 일반적으로 고유한 정체성을 가지고 있는 반면에 디지털 더블(Digital Double)은 연예인이 아닌 실제 인간의 복제품이다. 이는 임의의 에이전트를 생성하거나 인간을 처음부터 디자인하는 것이 아니라 인식 가능한 공인의 모양과 표현을 가능한 한 충실하게 재현하는 것이다. 디지털 더블은 대부분 VFX에서 많이 사용해 왔는데, 얼굴 교체, 디지털 스턴트, 극 중 인물의 노화 및 노화 방지 등의 극단적인 변경과 같은 다양한 경우에 유용하다. 예를 들면, 영화 〈로그원: 스타워즈 스토리〉에서 피터 쿠싱(Peter Cushing)이 〈스타워즈: 에피소드 3 – 시스의 복수〉 이후 타킨 역으로 재등장하는데, 그는 이미 1994년에 작고하였기 때문에 디지털 더블로 구현해 낼 수 밖에 없었다. 〈그림 2〉에서 피터 쿠싱의 살아생전의 모습과 디지털 더블로 구현된 모습을 비교해 볼 수 있다. 디지털 더블은 비디오 게임과 같은 실시간 기술을 사용하는 분야로도 확장되었다. 물론 VFX 분야에서 구현된 완벽한 복제물과 비교했을 때 품질에 있어서 다소 차이가 있을 수 있으나 EA의 〈FIFA〉와 같은 스포츠 게임에서 사실적으로 충실히 구현된 선수들을 찾아볼 수 있다.

〈스타워즈: 에피소드 3〉	〈로그원: 스타워즈 스토리〉

〈그림 2〉 피터 쿠싱의 실제 모습과 디지털 더블

팬데믹으로 인해 급격히 성장한 비대면 산업으로 메타버스는 커다란 시대적 흐름이 되었으며, 포스트 코로나 시대를 맞이한 지금에도 간과할 수 없는 핵심 분야로 자리 잡고 있다. 점차적으로 발전되고 있는 기술을 통해 앞으로 많은 일상을 메타버스라는 가상공간 안에서 경험하는 시대가 올 것이라 예상이 된다(김미라, 2021). 또한, 이러한 가상의 공간에서 실제 인물을 대체하여 서비스를 제공하는 여러 가상 캐릭터가 활동할 것이다. 지금도 버추얼 유투버(Vtuber), 버추얼 인플루언서 등 여러 디지털 캐릭터들이 사람들의 사랑을 받고 있다. Virtuals의 정리에 의하면 위에서 언급한 버추얼 휴먼과 디지털 더블은 디지털 휴먼의 범주 안에 속하며, 메타버스의 상용화 및 관련 분야의 확장으로 이에 대한 수요는 더욱 늘어나고 있는 실정이다.

2.2. 디지털 휴먼 제작 기술

움직이는 디지털 휴먼을 제작하기 위해서는 모델링, 리깅, 애니메이션, 텍스처링, 렌더링이라는 프로덕션 파이프라인이 필요하다. 이 프로덕션 파이프라인은 전통적으로 게임, VFX나 3D 애니메이션 분야와 같은 가상 캐

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

릭터를 활용한 콘텐츠 분야에서 일반적으로 사용해 오던 방식으로 컴퓨터 그래픽스의 역사와 그 흐름을 같이 한다고 할 수 있을 정도로 정형화 되어 고수되던 방식이다. 실제 사람과 동일한 수준의 외형과 동작을 구현할 수 있는 수준에 이르기 위해서는 각 단계에서 많은 인력과 시간을 투입해야 하며, 그 분야에서 최고의 기술을 적용시켜야 그럴듯한 결과물을 획득할 수 있다.

가상의 공간에서 사용할 오브젝트를 제작하는 일을 모델링이라 부르며, 모델링은 프로덕션 파이프라인의 가장 첫 번째 단계에 위치하게 된다. 3D 모델링은 처음부터 조각(Sculpt)하듯 만드는 방식, 기존에 있는 자산(Asset)을 활용하는 방식, 실존 모델을 스캔하여 제작하는 3D 스캔 방식 등을 이용하여 제작할 수 있다. 최근에는 정교한 3D 스캔 기술을 이용해서 사실적인 디지털 캐릭터를 구현하는 방식이 많이 선호되고 있는데, 특히 실존 인물을 디지털로 전환하는 데에 3D 스캔 기술이 집중적으로 사용되고 있다(서영호, 오문석, 한규훈, 2021). 그러나 스캔 방식은 스캔을 위한 고가의 하드웨어가 필요하며 그 하드웨어의 구성과 성능에 따라 그 결과물의 편차가 크게 나타나는 문제가 있다. 또한, 스캔된 데이터는 실제 인물의 세밀한 부분까지 정교하게 디지털화 하다 보니 데이터의 크기가 매우 커 그대로 제작 파이프라인에 적용하여 사용하기에는 어려운 점이 있다. 그렇기 때문에 스캔 데이터는 항상 3D 아티스트가 프로덕션에 사용할 수 있도록 리토폴로지를 통해 처리하는 프로덕션 파이프라인을 거쳐야 한다.

리깅은 3D 모델을 변형할 때 그 모델의 행동적 특성을 분석하고 그에 맞게 자연스럽게 변형될 수 있도록 각 부위를 구분하고 가동 부위를 정의하는 과정이다. 움직이는 캐릭터를 만들기 위해서는 리깅의 과정이 필수적인데, 캐릭터 리깅의 단계에서는 캐릭터의 뼈대 구조에 맞는 조인트(Joint)를 사용하게 된다. 우리 몸에 있는 근육과 피부 등의 몸 부분이 뼈가 움직이면 따라 움직이는 것처럼 조인트 구조를 만들고 이 조인트 구조의 개별 조인트를 모델링된 주변의 부분에 대응되도록 한다. 조인트가 움직이면 그 주변의 모델 데이터들이 따라 움직인다(김기홍, 주우석, 2020).

3D 캐릭터에 애니메이션을 부여하는 방법으로는 키프레임 애니메이션(Key Frame Animation), 모션 캡쳐(Motion Capture), 시뮬레이션(Simulation)이 있다(이경은, 2021). 이 중 디지털 휴먼은 자연스러운 움직임을 재생 또는 구현할 수 있는 방식으로 모션 캡처 기술을 자주 사용하게 된다. 모션 캡쳐는 인체의 움직임을 디지털 형태로 기록하는 작업으로 기계식(Mechanical Motion Capture), 자기식(Magnetic Motion Capture), 관성식(IMU-based Mtion Capture), 광학식(Optical Motion Caputre), 마커리스(Markerless) 등의 방식이 있으며 현재에도 새로운 방식이 계속 개발되고 있다.

기계식 방식은 기계골격 장치를 몸에 결합하여 동작에 따라 관절부의 부착된 센서에 직접적으로 데이터화 하는 방법이나 몸에 기계골격 장치를 부착해야 함으로써 움직임에 제약을 받는다는 문제점이 있어 현재는 더 이상 사용되지 않고 있다. 자기식 방식은 관절에 자기장을 발생시키는 장치를 부착하여 동작 시 주변의 자기장 변화를 측정하여 동작의 위치값을 측정하는 방식이나, 금속 물체 등의 물품을 사용하게 되면 자기장의 변형을 가져 올 수 있어 최근에는 사용 되지 않고 있다. 관성식 방식은 관성 센서가 신체의 관절 및 주요 부위에 부착된 전용 슈트를 통하여 움직임, 회전, 방향을 읽어내는 방식으로, 동적인 움직임이 가능하고 별도의 촬영장비가 불필요하며 범용성이 높고 비용이 저렴하다는 점으로 현재까지 많이 사용되고 있다. 광학식 방식은 카메라로부터 적외선이나 빛을 발사하여 마커의 위치를 추적하는 방식으로 데이터 분석이 정교하며, 정확도 높은 정보를 제공해 준다는 점으로 현재 가장 널리 사용하는 방법이다(송밝음, 최동혁, 2019). 최근에는 장비 없이 카메라 정보를 통해 움직임을 추출해 내는 방식으로 마커리스 방식 또한 많이 개발되고 있다. 그러나 아직 2차원의 카메라 정보를 통해 3차원의 움직임 데이터를 추출해 내는 기술이 부족해 획득된 데이터에 노이즈가 많이 생성되는 실정이다. 그러나 웹캠이나 스테레오 카메라가 대중적으로 상용화 된 만큼 이 분야에 대한 기술의 발전 역시 기대되고 있다.

텍스처링과 렌더링은 디지털 휴먼에 색상을 정의하는 단계로 물리 기반 렌더링(Physical-based Rendering)이나 SSS(Subsurface Scattering)와 같은 쉐이더를 통해 사실감을 부여하게 된다. 이 기술들은 광선추적법(Ray Tracing)과 같은 알고리즘을 통해 광선이 반투명한 피부를 투과할 때 광선의 행동을 시뮬레이션하는 고급 음영 처리를

사용함으로써 사실적인 신체 표현과 피부 렌더링(rendering)을 생성하게 된다(한국콘텐츠진흥원, 2011).
최근에까지 이르는 컴퓨터 그래픽스의 발전은 실제와 구분하기 어려운 수준의 디지털 휴먼을 제작할 수 있게 되었다. 그러나 이를 생성하기 위해서는 각 단계별 수행해야 하는 항목들이 많으며, 그 안에서도 복잡한 기술들을 필요로 한다. 그렇기 때문에 이 분야에서 오랜 기간 동안 숙련된 전문가들 여럿이 모인 집단에서야 사실감 있는 디지털 휴먼을 구현할 수 있는 실정이다. 이제 막 이 분야에 입문한 초보자들에게는 꿈과 같은 일이라 할 수 있다. 그러나 최근에 개발된 메타 휴먼은 전통적인 파이프라인에서 맞닥뜨리는 어려움을 상당부분 해소하여 사실적인 디지털 휴먼을 손쉽게 생성시켜 줄 수 있게 해준다.

2.3. 메타 휴먼

메타휴먼은 버추얼 프로덕션을 선도적으로 이끌고 있는 언리얼 엔진이 2021년 2월에 새롭게 내놓은 사실적인 가상 캐릭터 제작 시스템이다. 고퀄리티의 디지털 휴먼을 제작할 수 있도록 제공되는 클라우드 기반 앱인 메타휴먼 크리에이터를 사용해서 제작할 수 있으며 제작된 메타휴먼은 완전히 리깅되어 만들어지기 때문에 언리얼 엔진으로 불러와 애니메이션을 바로 적용할 수 있다. 메타휴먼 제작 시스템은 실제 사람을 스캔함으로 구축된 폭넓은 데이터베이스를 활용하며, 이를 사용자가 원하는 특별한 메타휴먼을 위한 다양한 프리셋으로 제공한다. 이 데이터베이스에는 인종을 넘나드는 다양한 얼굴 특징과 피부유형, 헤어, 눈 메이크업 등에 대한 수많은 옵션을 제공한다.

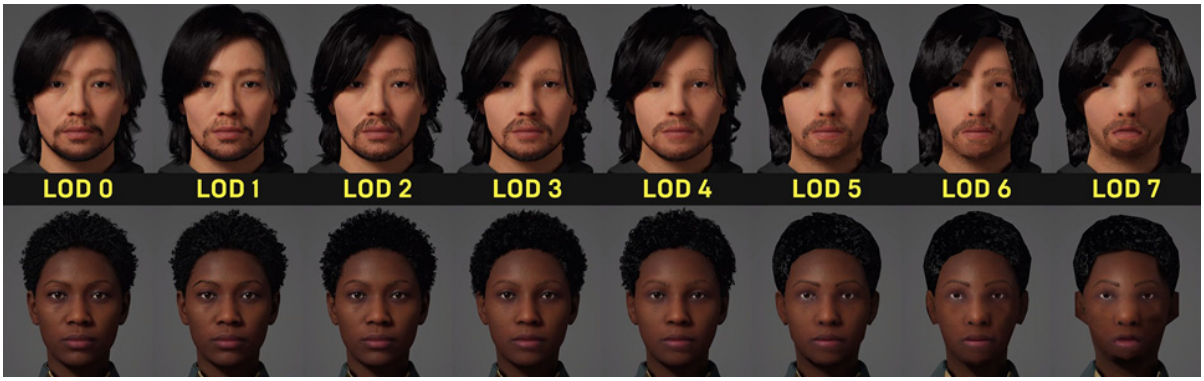
〈그림 3〉 메타휴먼으로 제작된 사실적인 가상 캐릭터 (이미지 출처 : Unreal Document)

메타휴먼은 사실적으로 보이게 하는 여러 가지 특징들이 존재하고 있지만 가장 핵심적인 역할을 하는 것은 피부표현과 헤어라고 볼 수 있다. 메타휴먼의 모든 텍스처는 실제 피부를 스캔한 것이기 때문에 기본적으로 어느 정도 수준의 사실감을 보유하고는 있다. 그러나 메타휴먼의 강점은 이러한 사실적인 피부표현에 대하여 다양한 연령층 표현이 가능하다는 것에 있다. 메타휴먼 시스템은 다양한 연령층에 대한 데이터를 보유하고 이를 점진적으로 블렌딩 하여 사용할 수 있도록 제공하고 있다. 사람은 나이가 들수록 주름이 많아지고, 주근깨나 기미가 생기고, 피부가 건조해지며, 색상이 칙칙해진다. 메타휴먼 시스템에서는 이 부분에 대한 것을 UI로 디자인하여 몇 번의 클릭으로 다양한 연령층의 가상 인물을 완성할 수 있도록 구현하였다.

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

<그림 4> 메타휴먼의 피부표현 (이미지 출처 : Unreal Document)

메타휴먼이 가지는 사실성의 또 다른 핵심은 헤어(Hair)에 있다. 메타휴먼은 헤어와 털의 표현이 매우 사실적인데, 스트랜드(Strands) 기반 기술을 사용하여 각각의 헤어를 구현하고 있다. 스트랜드 기반 렌더링은 렌더링 프로세스 비용이 높으며, 효과적으로 처리하려면 고성능 CPU가 필요하다. 그렇기 때문에 실시간으로 구동되는 게임 엔진에서는 그래픽 표현에 대한 계산량에 매우 민감하기 때문에 스트랜드처럼 무거운 형태의 헤어보다는 카드나 메쉬 기반의 헤어 표현을 선호해왔다. 그러나 메타휴먼은 클라우드를 기반으로 회사가 가진 서버에서 계산이 되기 때문에 이러한 스트랜드 기반의 헤어 표현도 가능하게 된다. 그러나 메타휴먼을 로컬 컴퓨터로 다운로드하여 사용할 때는 로컬 컴퓨터의 사양을 고려하지 않을 수 없다. 그렇기 때문에 메타휴먼은 다양한 레벨 오브 디테일(Level of Detail, LOD)을 제공하고 있으며, 사용자는 자신의 컴퓨터 혹은 장비 사양에 맞추어 해당하는 LOD를 선정할 수 있다.



<그림 5> 메타휴먼이 제공하는 다양한 Level of Detail (이미지 출처 : Unreal Document)

위에서 언급된 기술 외에도 메타 휴먼 시스템은 언리얼 엔진이 가지고 있는 최첨단의 기술력을 집중시킴으로써 지속적으로 발전하고 있다. 메타 휴먼을 사용하면 지금도 하이엔드 퀄리티의 디지털 휴먼을 손쉽게 제작할 수 있으나, 앞으로도 메타 휴먼 기술은 계속 발전하여 더욱 다양한 종류의 캐릭터를 더 쉽게 제작할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 이러한 메타 휴먼의 가능성에 주목하여 미래 디지털 산업의 주요 인력이 될 우리의 학생들이 메타 휴먼 기술을 사용할 수 있도록 교육 과정을 개발하였다.

3. 교육 프로그램 개발 및 운영

3.1. 메타휴먼 제작 교육 프로그램 설계

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

[Provider:eartcle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

본 수업은 단순히 메타휴먼의 기술을 익히는 것을 넘어서 새로운 기술을 활용하여 작품 창작에 도움이 될 수 있도록 응용하는 방법까지 교과의 범주로 설정하였다. 기술이 기술로만 남지 않고 이를 응용할 수 있는 능력을 함양하는 것이 현 시대의 디지털 아트 작가로서의 방향이라는 판단이 들었기 때문에 활용 능력을 포함하도록 설정하였다.

프로그램 개발을 위해 먼저 STEAM 교육 교수체제 설계 모형을 참고하였다(김경태, 2019). 본 교육이 STEAM 교육의 일환으로 개발되지는 않았으나, 과학기술에 대한 학생들의 흥미와 이해를 높이고 융합적 사고력과 문제 해결력을 함양하기 위한 교육을 지향한다는 점에 있어 방향을 같이 하기 때문에 참고하게 되었다. 배선아는 3D 프린터를 활용한 메이커 교육 프로그램 개발(배선아, 박우주, 2022)에서 STEAM 절차 모형을 사용하였는데, 분석과 설계의 내용이 있는 준비단계, 실제 개발의 과정이 진행되는 개발단계, 실행하고 평가하는 개선단계로 구성하였다. 이것은 ADDIE 모형[3]을 STEAM 교육 교수체제에 맞게 재구성 한 모형으로 각 단계에서 STEAM 절차 모형들이 설계되어 있다. 준비단계, 개발단계, 평가 단계로 이루어진 3단계 교육과정 모형은 Mayger & Beach (1967)의 저서에서도 언급되어 있다. 〈표 1〉에서 ADDI 모형과, Mayger & Beach의 모형, 그리고 배선아의 세부 개발 모형에 대하여 비교하였다.

〈표 1〉 프로그램 개발 단계 및 모형 (3개의 논문을 본인이 취합함)

ADDIE 모형	Mager & Beach 모형	배선아의 세부 개발 모형
분석 (Analysis)	준비 단계	- 요구분석 - 교육프로그램 통합유형선정 및 준거도출 - 전문교과 내용분석 - 활동과제 선저준거도출
설계 (Design)		
개발 (Development)	개발 단계	- 활동과제선정 - 활동분석 및 세부활동 명료화 - 학습내용선정 - 학습내용조직 - 수업목표진술 - 교육내용 구성 및 작성
실행 (Implementation)	개선 단계	- 교육프로그램 평가 - 최종 교육프로그램 확정
평가 (Evaluation)		

본 연구에서는 Mayger & Beach의 모형과 배선아의 모형을 교수체제 설계의 모형으로 선정하였고 준비-개발-개선의 단계로 구성하였다. 준비 과정은 요구분석, 전문교과 내용분석, 활동과제 선정준거도출 등의 과정으로 진행된다. 요구 분석을 위해 학교 현장 경력 10년 이상인 현장 전문가와 함께 교육 프로그램 주제에 대한 면담을 진행하였다. 학습자와의 직접적인 면담은 하지 못했지만, 그동안 학기 중에 진행했던 면담을 토대로 사실적인 캐릭터 생성 지식에 대한 갈증을 알 수 있었다. 전문교과 내용분석을 위해 언리얼에서 배포한 최신 기사 및 자료[4]를 참고하여 수업의 방향을 설정하였다. 대부분의 경우 기술 개발을 한 내부 개발자들이 해당 기술을 가장 잘 알기 때문에 본 프로그램 역시 언리얼에서 제공한 기술 문서를 참고하여 본 교과의 단계별 프로그램 내용을 분석하였다.

개발과정은 활동과제선정, 학습내용선정, 학습내용조직, 목표진술, 내용구성 등과 같은 실제적이며 구체적인 프로그램의 내용구성 단계로 구성된다(장해라, 2022). 학습 내용은 디지털 휴먼과 메타휴먼의 개요, 메타휴먼의 기능 소개, 메타휴먼 실습, 버추얼 인플루언서 제작으로 구성하였는데, 이 모든 내용은 메타휴먼을 활용하여 사실적인 디지털 휴먼 제작을 중심으로 한 내용이라 할 수 있다. 이러한 학습내용과 관련한 학습목표는 ① 디지털 휴먼의 개념에 대하여 이해할 수 있다 ② 메타휴먼을 사용하여 사실적인 디지털 휴먼을 생성할 수 있

3) ADDIE는 교수체제 설계의 기본 모형으로, 분석(Analysis), 설계(Design), 개발(Development), 실행(Implementation), 평가(Evaluation)의 5단계로 구성되며, 각 단계를 나타내는 영어단어의 첫 글자를 따서 ADDIE라고 부르게 되었다.

4) MetaHuman Documentation, https://docs.metahuman.unrealengine.com/en-US/

다 ③ 메타휴먼을 활용하여 나만의 디지털 휴먼을 생성할 수 있다로 구성하였다. 이러한 내용을 토대로 실제 수업을 위한 차시별 학습요소와 주요내용 및 활동을 구성하였다. 수업은 총 3차시로 개발하였는데, 각 수업의 구체적인 내용은 〈표 2〉에서 알 수 있다.

3회차 수업에서는 배운 지식과 기술을 활용하는 과제활동을 선정하였는데, 이론교육만 받는다면 배운 기술들을 실제상황에서 능숙하게 쓰기가 쉽지 않기 때문이다. 과제는 '학교를 대표하는 버추얼 인플루언서(Virtual Influencer)'라는 주제로 작품을 제작하도록 설계하였다. 버추얼 인플루언서는 가상을 의미하는 단어인 'Virtual'과 SNS에서 사람들에게 큰 영향력을 지니는 사람을 의미하는 'Influencer'가 합쳐져 생겨난 말로 영화에서 흔히 보던 가상 인간과 다르게 매우 친근하고 호감가는 이미지로 대중들에게 사랑받고 있다. 학생들은 이미 버추얼 인플루언서의 존재를 알고 있는 경우가 많았으며, 관심도도 높은 편이었다. 본 수업에서는 학생들에게 가상 캐릭터의 배경을 설정하고 성격을 부여하는 등 구체적인 캐릭터 설정을 직접 설계해 보도록 하였으며, 이를 바탕으로 한 버추얼 인플루언서를 메타휴먼으로 제작하도록 하였다.

〈표 2〉 프로그램 개발 내용 및 차시별 내용 구성 (본인 작성)

학습내용선정	1. 디지털 휴먼과 메타휴먼의 개요 2. 메타휴먼이 기능 소개 3. 메타휴먼 실습 4. 버추얼 인플루언서 제작	
목표진술	1. 디지털 휴먼의 개념에 대하여 이해할 수 있다. 2. 메타휴먼을 사용하여 사실적인 디지털 휴먼을 생성할 수 있다. 3. 나만의 디지털 휴먼을 생성할 수 있다.	
1차시 주요내용	학습요소	디지털 휴먼의 이해, 메타휴먼의 이해
	- 디지털 휴먼의 역사와 버추얼 휴먼 및 디지털 더블과의 차이점 이해하기 - 메타휴먼의 개념과 핵심 기술 이해	
2차시 주요내용	학습요소	메타휴먼 프리셋 활용하기, 메타휴먼 생성하기, 메타휴먼 에디팅하기
	- 메타휴먼의 고퀄리티 프리셋 살펴보고 활용하기 - 메타휴먼 크리에이터로 메타휴먼 생성하기 - 얼굴, 바디, 의상 순서대로 에디팅하기	
3차시 주요내용	학습요소	새로운 디지털 휴먼 기획하기, 기획된 디지털 휴먼 디자인하기
	- 버추얼 인플루언서에 대하여 알아보기 - 학교를 대표하는 나만의 버추얼 인플루언서 기획하기 - 메타휴먼으로 버추얼 인플루언서 디자인하기	

개발된 내용은 평가는 준비단계에 함께 했던 내용전문가와의 면담을 통해 진행되었다. 먼저 학습자들이 메타휴먼의 개념을 단순히 배우는 것을 넘어 디지털 휴먼 기술에 대한 통찰력 있는 시각을 갖는 것이 필요함을 언급하면서, 디지털 캐릭터 기술에 대한 설명의 내용이 추가되었다. 또한 언리얼이나 마야와 같은 타 소프트웨어와의 연계가 가능함을 알려주어 향후 디지털 콘텐츠 제작에 활용할 수 있다는 것을 강조하는 방향으로 수정이 되었다.

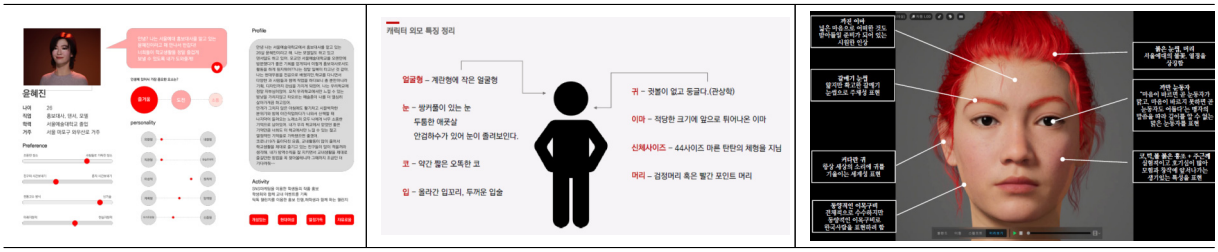
3.2. 수업 운영 결과

수업의 1주차와 2주차에서는 메타휴먼 사용법에 대하여 배우고, 3주차부터 본격적으로 버추얼 인플루언서 제작을 진행하였다. 본 수업에서는 단순히 학생들이 메타휴먼의 기능을 익히는데 국한되지 않고, 학습한 기술을 바탕으로 가상 캐릭터의 배경과 성격을 직접 설계해 봄으로써, 새로운 가상 인플루언서를 창조해 나아가는 과정을 경험해 볼 수 있도록 하고자 하였다.

버추얼 인플루언서는 시공간의 제약을 받지 않고, 버추얼 인플루언서라는 개념을 대중에게 선보이면서 소비자에게 새로움을 줄 수 있다. 또한, 가상공간에서 제작자에 의해 삶이 디자인된 버추얼 휴먼이기 때문에, 인간이라면 누구나 가지고 있는 사생활이 없다. 그렇기 때문에 일반적인 연예인들이 가질 수 있는 사생활의 문제가 야기되지 않으며, 이를 이용해 이상적인 이미지를 구현할 수 있다.

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

구현될 버추얼 인플루언서는 학교를 대표하는 가상 캐릭터로 광고 모델로 활동하고 있는 '로지', 롯데홈쇼핑의 '루시', 모델 겸 뮤지션으로 활동하는 '릴 미켈라' 등 현재 활발히 활동하고 있는 버추얼 인플루언서를 참고하도록 하였다. 각 학생들은 본인이 생각하는 이미지를 바탕으로 버추얼 인플루언서 제작을 진행하였고, 대부분의 학생들은 메타휴먼이라는 새로운 제작 환경에 쉽게 적응해 나가면서 고유의 캐릭터를 만들어 갔다.
학교를 대표하는 버추얼 인플루언서로 많은 학생들이 20대의 본교 학생 캐릭터를 디자인하였다. 학생들은 단순히 외모만 디자인하는 것을 넘어 구체적으로 성격을 설정한 후 이를 반영한 외형 디자인을 진행한 경우가 대다수였다. 학생들이 도출해 낸 메인 키워드로는 '열정, 용기, 예술, 도전, 협동, 창의, 소통, 기술력' 등을 도출하였으며, '자유롭다, 발랄함, 주관이 확실하다, 개성 있는, 호기심 많은, 재미있고 유쾌한, 매력적인, 젊은, 붉은색이 잘 어울리는, 당당한, 현대 여성, 열정 가득' 등의 키워드를 나열하였다. 심지어 MBTI까지 설계한 학생이 있었는데, ENFP-A형으로 열정적이고 도전 정신이 강하며, 호기심이 풍부하고, 관찰력 및 창의력이 뛰어나며, 분위기메이커 역할을 하며, 사람을 좋아하고 활동하는 것을 좋아하는 성격으로 설계하였다. 〈그림 6〉에서 학생들이 설계한 성격 디자인의 몇 가지 예시를 확인할 수 있다.

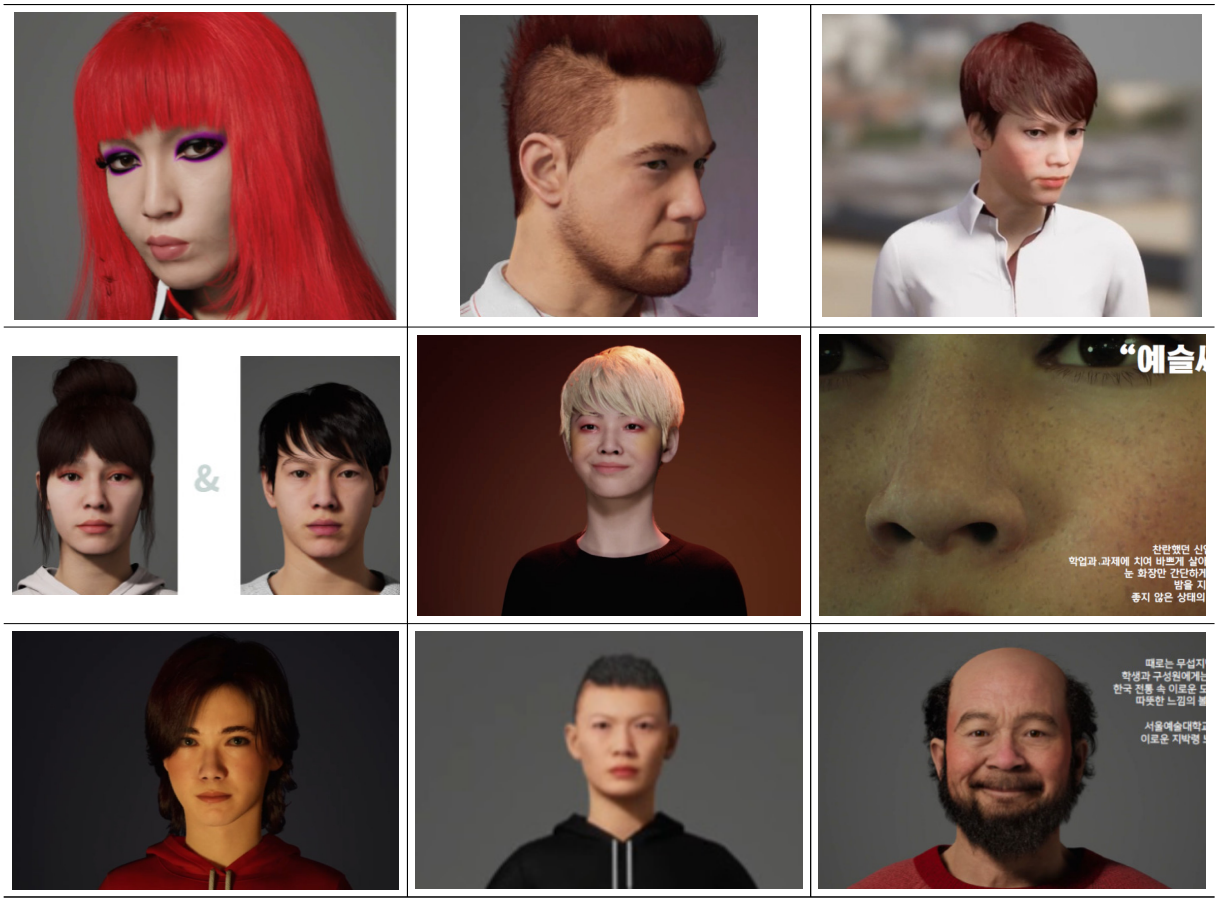


〈그림 6〉 학교를 대표하는 버추얼 인플루언서 성격 디자인의 예시 (학생들 작품)

학교를 대표하는 버추얼 인플루언서의 성별은 크게 한쪽으로 치우쳐지지 않고 남녀 비율이 비슷하게 제작되었다. 학생들은 너무 인형처럼 이상적으로 예쁘기만 한 캐릭터보다는 가상 인플루언서의 성격이 표현되는 개성 있는 인물을 제작한 경우가 많이 있었다. 〈그림 7〉에서 학생들이 제작한 다양한 캐릭터의 모습을 보여주고 있다. 특이하게 한국 전통의 도깨비 신앙을 바탕으로 버추얼 인플루언서를 제작한 사례가 있었는데, 한국 도깨비가 가진 특징인 노래와 춤, 놀이를 즐긴다는 컨셉을 적용한 경우도 있었다. 학교의 전통과 열정을 지켜주는 수호령과 같은 도깨비 버추얼 인플루언서를 제작한 경우(〈그림 7〉의 오른쪽 하단)가 있었다.

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM



〈그림 7〉 학생들이 제작한 버추얼 인플루언서 (학생들 작품)

4. 결론

몇 년 전만 하더라도 우리는 가상현실이 먼 미래에서나 가능한 일이라고 생각했던 때가 있었다. 그때만 하더라도 헤드 마운티드 디스플레이(Head-mounted Display, HMD)는 최첨단의 기기로 미래지향적 의미를 함축하고 있었다. 그로부터 10년도 되지 않은 현 시점에서 가상현실은 이미 우리에게 너무나 친숙한 단어가 되었고, 누구라도 마음만 먹으면 HMD를 사용하여 가상현실 콘텐츠를 즐길 수 있게 되었다. 이제, 가상현실이 대중화되고 가상현실을 넘어 메타버스의 시대가 도래하고 있다. 사람들은 이제 머지않은 미래에서 메타버스를 경험하게 될 것이다. 서울 전체가 메타버스로 구현되는 날이 올지도 모르겠다. 이처럼 시대가 흐르면서 주요 트렌드는 지속적으로 변화하고 사람들에게 친숙해지기를 반복하고 있다.

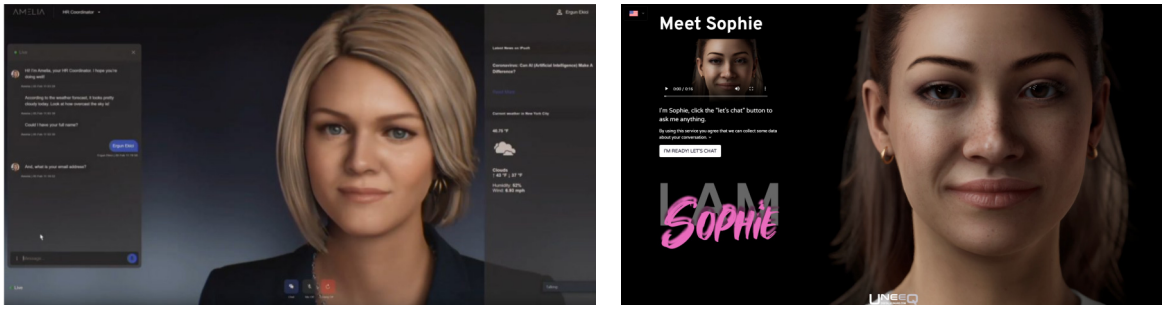
가상현실, 증강현실, 메타버스 등 시대의 흐름에 따라 바뀌는 트렌드를 지원하고 구현하는 기술에는 컴퓨터 그래픽스 기술이 바탕이 된다. 사실적인 가상공간을 만들고 그 안에서 살아있는 듯 움직이는 디지털 휴먼을 구축하는 기술이 뒷받침이 되어야 그럴듯한 콘텐츠로 거듭날 수 있다. 본 연구는 시대의 흐름에 따라 변화하는 콘텐츠의 장르적 트렌드를 지원하는 기술 중 하나인 디지털 휴먼 기술에 집중하였다. 사실적인 인간형 캐릭터를 생성하는 방법으로 비실시간 제작 방법을 사용하는 기술력은 이미 최대의 수준으로 도달하여 인간의 눈으로 구별할 수 없는 수준의 가상 인간을 만들어 내고 있다. 그러나 실시간으로 구동되어야 하는 디지털 휴먼은 인간의 눈을 속이기에 아직은 완벽하지 않다. 소프트웨어와 하드웨어의 전방위적인 기술력 상승이 요구되기 때문이다. 2021년에 발표된 언리얼 엔진(Unreal Engine)의 메타휴먼(MetaHuman)은 매우 사실적인 인간형 캐

[Provider:earticle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM

릭터를 누구나 손쉽게 생성할 수 있도록 개발되어 이 문제의 많은 부분을 해결해주고 있다. 사실적인 디지털 휴먼을 개발하기 위해서는 정교한 3D 스캐닝 기술, 리깅 기술, 모션 캡쳐 기술 등 여러 기술들이 복합적으로 적용되어야 한다(이동호, 2019). 메타휴먼은 복잡한 단계를 프리셋으로 제공해 줌으로써 사용자의 수고를 덜어준다.

본 연구에서는 메타휴먼을 교육과정으로 개발하여 학생들에게 학습시키고, 학생들이 새로운 버추얼 인플루언서를 개발할 수 있도록 지도하였다. 학생들은 메타휴먼이라는 새로운 제작 환경에 쉽게 적응해 나가면서 학교를 대표하는 고유의 캐릭터를 만들어 갔다. 학생들은 단순히 외모만 디자인하는 것을 넘어 구체적으로 성격을 설정한 후 이를 반영한 외형 디자인을 진행하였는데, 학생들이 도출해 낸 메인 키워드로는 '열정, 용기, 예술, 도전, 협동, 창의, 소통, 기술력' 등이 있었으며, '자유롭다, 발랄함, 주관이 확실하다, 개성 있는, 호기심 많은, 재미있고 유쾌한, 매력적인, 젊은, 붉은색이 잘 어울리는, 당당한, 현대 여성, 열정 가득' 등의 키워드를 사용하였다. 학교를 대표하는 버추얼 인플루언서의 성별은 크게 한쪽으로 치우쳐지지 않고 남녀 비율이 비슷하게 제작되으며, 이상적으로 예쁘기만 한 캐릭터보다는 가상 인플루언서의 성격이 표현되는 개성있는 인물을 제작한 경우가 많이 있었다.

미래의 디지털 휴먼은 외형적인 사실감 뿐 아니라 지능 및 행동에서의 사실감을 추구하고 있다. 이는 당연히 버추얼 휴먼의 인공 지능(Artificial Intelligence, AI)과 밀접하게 연결되어 있으며, 최근의 버추얼 휴먼에는 AI 기술이 접목되어가고 있다. IPSoft의 Amelia, UneeQ의 Sophie 등 주목할만한 가상 비서들이 현재 서비스를 제공하고 있다. 아직 인공 지능이 필요하지 않은 회사라도 미래에는 인공 지능을 사용할 가능성이 크다. 특히 감성적인 애니메이션과 반응을 고려했을 때 갈 길이 먼데, 가상 인간이 특정 작업을 수행하도록 할 수 있다고 해도 인간의 독특한 감정 표현력은 여전히 부족하기 때문이다.



<그림 8> IPSoft의 Amelia(왼쪽)과 UneeQ의 Sophie(오른쪽)

참고문헌

- 김경태. (2019). STEAM 교육을 위한 VR활용 판소리 춘향가 교육프로그램 개발. *예술교육연구*, 17(4), 259-273.
- 김기홍, 주우석. (2020). 직관적인 캐릭터 애니메이팅을 위한 양방향 물리적 리깅 구현 연구. *애니메이션연구*, 16(2), 38-53.
- 김미라. (2021). 포스트 코로나, 영상 콘텐츠 제작 기술: 가상 제작(Virtual Production) 시스템. *영상기술연구*, 1(35), 27-44.
- 박민규, 강주미, 윤주홍. (2021). 메타버스 서비스를 위한 휴먼 모델링 기술 동향. *방송과 미디어*, 26(4), 61-71.
- 배선아, 박우주. (2022). 3D 프린터를 활용한 메이커 교육 프로그램 개발: 나만의 공기청정기 만들기를 중심으로. *대한공업교육학회지*, 47(1), 91-110.

- 서영호, 오문석, 한규훈. (2021). 디지털 휴먼의 현재와 미래. *방송과 미디어*, 26(4), 72-81.
- 송밝음, 최동혁. (2019). 리타겟티드 3D 캐릭터 모션 캡쳐 연구. *만화애니메이션 연구*, 57(1), 159-185.
- 유미. (2021). 가상 제작의 개념과 해외 제작 사례 분석. *애니메이션 연구*, 17(1), 98-113.
- 이경은. (2021). 3D 캐릭터 애니메이션의 효율적 교육 및 구현 방안. *한국콘텐츠학회 종합학술대회 논문집*, 67-68.
- 이동호. (2019). 버추얼 프로덕션 기술을 활용한 제작 기술 동향 연구 – 시각특수효과 영화 중심으로-. *영상기술연구*, 1(31), 61-78.
- 장해라. (2022). 다문화콘텐츠 교과목 운영의 실제: H대학교 〈다문화콘텐츠기획〉 수업을 중심으로. *인문콘텐츠*, 64), 125-151.
- 한국콘텐츠진흥원. (2011). *문화기술 (CT) 심층리포트*. 한국콘텐츠진흥원.
- Alvaro, L. T. (2020.2.12). *Digital humans, virtual humans, digital doubles... What's the difference?* Retrieved from https://virtuals.co/digital-humans-virtual-humans-differences-overview/
- Mager, R. F., & Beach Jr, K. M. (1967). *Developing vocational instruction*. Belmont, California: FEARON PUBLISHERS, INC.

투고일: 2022-09-20
심사일: 2022-09-25
게재확정일: 2022-10-25

[Provider:eartcle] Download by IP 211.222.205.125 at Thursday, December 22, 2022 4:53 PM