

메타버스를 위한 디지털 휴먼과 메타휴먼의 제작기법 분석 연구

A Study on the Production Techniques of Digital Humans and
Metahuman for Metaverse

주 저 자 : 오문석 (Oh, Moon Seok) 광운대학교 미디어커뮤니케이션학부 교수

공 동 저 자 : 한규훈 (Han, Gyu Hoon) 오모션 주식회사 연구원

교 신 저 자 : 서영호 (Seo, Young-Ho) 광운대학교 전자재료공학과 교수
yhseo@kw.ac.kr

<https://doi.org/10.46248/kidrs.2021.3.133>

접수일자 2021. 08. 28. / 심사완료일자 2021. 09. 15. / 게재확정일자 2021. 09. 25.

본 논문은 2020년도 광운대학교 교내학술연구비를 지원받아 수행되었음.

본 연구는 중소벤처기업부의 글로벌창업기업기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [S3121082, 3D 캐릭터 콘텐츠 제작을 위한 비착용형 비전기반의 실시간/고정밀 모션 캡처 시스템 개발]

Abstract

Since the first virtual human appearance in 1996, various attempts have been made through virtual human beings, but due to technical limitations, they have not been able to exert their influence. However, with recent advances in technology, virtual humans have reemerged as digital human beings. Digital Human is a 3D virtual human being similar to human appearance and behavior that is hard to distinguish from reality, and technological advances have facilitated virtual human production and are being utilized in a variety of fields. However, despite various applications and demands, the scope of digital human development and use is limited by limitations in the manufacturing process. In this study, we defined digital human through the analysis of prior studies on digital human and based on our work on fabrication techniques, we propose meta-human as an advanced form of digital human that can overcome current technical limitations and apply to mixed-reality environments.

Keyword

Digital Humans, Metahuman, Volumetric capture, Motion capture, 3D modeling.

요약

1996년 최초의 가상 인간의 등장 이후 가상 인간을 통한 다양한 시도가 이루어져 왔으나 기술적 한계로 그 영향력을 발휘하지 못하였다. 그러나 최근 기술의 발전을 통해 가상 인간은 디지털 휴먼으로 다시 등장하게 되었다. 디지털 휴먼은 실제와 구분하기 어려울 정도로 인간의 모습, 행동과 유사한 3D 가상 인간으로 기술의 발전은 가상 인간의 제작을 용이하게 만들었고 다양한 분야에서 활용되고 있다. 그러나 다양한 활용 분야와 수요에도 불구하고 제작 과정상의 한계로 인하여 디지털 휴먼의 개발과 사용의 범위가 제한되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 디지털 휴먼에 대한 선행연구의 분석을 통해 디지털 휴먼을 정의하였고 제작 기법에 관한 연구를 바탕으로 현재의 기술적 한계를 극복하고 혼합현실 환경에 적용할 수 있는 발전된 형태의 디지털 휴먼으로서 메타휴먼을 제안하였다.

목차

1. 서론

- 1-1. 연구 배경
- 1-2. 연구목적 및 방법

2. 이론적 배경

- 2-1. 디지털 휴먼의 정의
- 2-2. 디지털 휴먼 제작기술
- 2-3. 디지털 휴먼의 사례

3. 메타휴먼

- 3-1. 메타휴먼의 정의
- 3-2. 메타휴먼 제작요소 기술
- 3-3. 디지털 휴먼과 메타휴먼의 장단점
- 3-4. 디지털 휴먼에서 메타휴먼으로의 전환

4. 결론

참고문헌

1. 서론

1-1. 연구의 배경

1996년, 일본에서 데뷔한 최초의 사이버 아이돌 "다테 료코"의 등장은 가상 인간(Virtual Humans)의 가능성에 대한 최초의 실증사례였다. 이는 1998년 우리나라의 사이버 가수 아담의 등장으로 이어졌으나 당시 기술의 한계로 인하여 얼마 가지 못해 사라지게 되었다. 그러나 최근 10여 년간 컴퓨터그래픽스의 발전은 하드웨어의 발전과 더불어 실제와 구분하기 어려운 수준의 결과물을 제작하는 수준에 이르렀다. 초기의 가상 인간의 어색한 움직임은 모션 캡처를 기술을 통해 더욱 정교하고 사람에 가깝게 만들 수 있게 되었다. 이에 사라졌던 가상 인간이 기술 발전에 따라 "디지털 휴먼"(Digital human)이라는 이름으로 다시금 등장하게 되었다.

디지털 휴먼은 발전된 기술을 바탕으로 가상공간에서 등장하여 현실 공간을 배경으로 활동하는 존재라고 할 수 있다. 가상과 현실의 경계가 허물어지고 있는 현재, 디지털 휴먼을 일상 속에서 활용하는 분야가 점차 늘어나고 있다. 가상의 공간에서 실제 인물을 대체하여 대면 서비스를 제공하는 가상 비서 서비스, 실제의 인물을 대신하는 버추얼 유튜버(Vtuber), 현실의 공간에서는 실존하지 않지만, 가상의 공간에서만 존재하며 영향력을 발휘하는 디지털 인플루언서 등의 활용 사례는 점차 증가하고 있으며 다양한 형태의 디지털 휴먼이 등장하고 있다.

코로나 19로 인하여 촉발된 비대면 콘텐츠의 확장 과 메타버스를 필두로 하는 혼합현실에 대한 다양한 수요가 증가하는 현재, 디지털 휴먼에 대한 수요 및 적용 분야는 지속해서 증가할 것으로 예상된다. 이에 본 연구에서는 "디지털 휴먼"과 관련된 기술 및 활용 사례의 분석을 중심으로 디지털 휴먼을 정의하고, 향후 디지털 휴먼의 발전 방향에 대해 제안하고자 한다.

1-2. 연구목적 및 방법

본 연구의 목적은 디지털 휴먼과 관련된 사례 및 기술 발전에 따른 제작 방법의 변화와 그에 따른 발전 과정에 대해 분석하고 향후 시장의 발전 방향을 예측하는 것이다. 이를 통해 혼합현실 시대의 디지털 휴먼과 관련된 트렌드를 탐색하고 향후 발전 방향에 대해 제안하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서는 최근의 디지털 휴먼을 활용한 다양한 사례들을 수집하고 디지털 휴먼의 제작에 사용된 기술 및 해당 기술의 발전 과정

에 따라 디지털 휴먼의 세대를 구분하는 등 사례 연구를 바탕으로 분석하여 연구를 진행하였다.

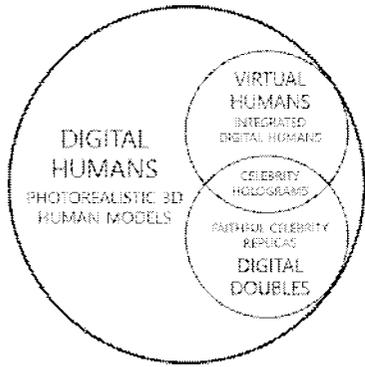
2. 이론적 배경

2-1. 디지털 휴먼의 정의

디지털 휴먼에 대한 정의는 연구자의 목적 또는 연구 형태에 따라 다르게 나타난다. 디지털 휴먼의 서비스 제공 측면과 관련한 연구를 진행한 곽보은·허정윤(2021)은 디지털 휴먼을 "실제 사람과 같은 외형과 말을 하는 3D 가상인간"으로 정의하였고, 디지털 휴먼의 공학적 측면에 대해 연구한 강수호·손미애(2011)는 "특정 업무를 수행하는 대표 작업자들의 신체 특징, 자세 및 모션 등을 모사할 수 있는 객체"로 정의하였다. 김세영·허정윤(2021)은 디지털 휴먼의 페르소나와 관련한 연구를 진행하면서 "기존 아바타의 개념에서 발전된 형태 및 움직임의 측면에서 사실적인 결과를 생성하는 3D 휴먼 모델"로 정의하였으며 디지털 휴먼을 활용한 가상 비서 서비스를 제공하는 Uneeq에서는 "인공지능으로 구동되는 실물과 같은 가상 존재"로 정의하였다. 또한, 이승환·한상열(2021)은 기존의 연구들을 종합하여 인간의 모습/행동과 유사한 형태를 가진 3D 가상 인간을 의미한다고 정의하였다.

디지털 휴먼에 대해 가상프로덕션 플랫폼인 Virtuals에서는 디지털 휴먼을 "사실적인 3D 인간 모델"로 정의하면서 그 특징으로 ①피부 음영, 머리카락 표현 등에 있어 사실적인 표현 ②정확한 리깅 및 애니메이션을 바탕으로 한 세밀한 움직임을 제시하였다¹⁾. 그리고 [그림 1]과 같이 이를 특징으로 가지는 디지털 휴먼의 하위 분류로 가상 인간과 디지털 더블(Digital Doubles)을 제시하였다. 가상 인간은 사실적으로 표현된 디지털 휴먼에 캐릭터를 부여하여 더욱 "사실적"으로 보일 수 있게 제작된 디지털 휴먼을 의미하며 이러한 사실적인 묘사를 위해 인공지능이 결합되어 설정된 직업과 관련된 회화와 행동, 감정표현 등을 가능하게 발전시킬 수 있다. 이에 반해 디지털 더블은 실존하는 인간을 3D 스캔 또는 3D 모델링으로 제작한 것을 이야기한다. 디지털 더블은 모션 캡처 데이터의 반영을 통해 실제 사람과 비슷한 움직임을 가지며 때로는 VFX 기술과의 결합을 통해 대역 배우의 역할을 한다.

1) Alvaro Lamarche-Toloz, Digital humans, virtual humans, digital doubles... what's the difference?, virtuals.co, 2020.

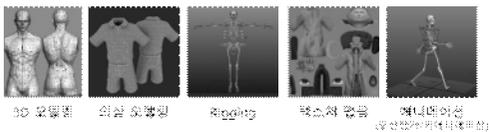


[그림 1] 디지털 휴먼과 관련된 개념의 관계도
(출처 : virtuals.co)

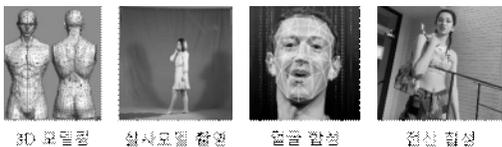
이처럼 디지털 휴먼을 정의하는 방법은 연구의 목적과 그 활용 분야에 따라 다르게 나타나지만 공통적으로 ①실제 사람의 외형을 모방 ②실제 사람의 행동 양식을 모사 ③사람의 역할을 대체한다는 공통점이 나타난다. 이러한 선행연구들을 통해 본 연구에서는 디지털 휴먼을 “사람의 역할을 대체할 목적으로 실제 사람의 특징과 외형을 본떠 만든 3D 인체 모델”로 정의하였으며 디지털 휴먼의 제작방식에 따른 분류를 중심으로 연구를 진행하였다.

2-2. 디지털 휴먼 제작기술

앞서 정의한 대로 사용 목적이 있고, 사실적인 디지털 휴먼을 제작하는 방식은 ①스컬핑 등 3D 모델링을 기반으로 하는 제작방식(그림 2)과 ②실사 모델을 기반으로 하는 제작방식(그림 3)으로 구분된다.



[그림 2] 3D 모델링 기반의 디지털 휴먼 제작 과정



[그림 3] 실사 기반의 디지털 휴먼 제작 과정

이와 같은 방식으로 정밀한 디지털 휴먼을 제작하기 위해서는 다음의 세 가지의 기술을 필요로 한다.

첫째, 정밀한 3D 모델을 만들기 위한 3D 모델링 기술과 리깅(Rigging)이다. 3D 모델링을 위해 기존에 있는 자산(asset)을 활용하여 만들거나, 처음부터 조각(Sculpt)하듯 만드는 스컬핑 또는 실존 모델을 스캔하여 제작하는 3D 스캔 등을 통해 디지털 휴먼의 기초가 되는 3D 모델을 제작한다. 기존의 자산이나 스컬핑을 통한 3D 모델링은 정교한 3D 모델을 만들 수 있는 장점이 있으나 정교한 모델을 얻기 위해서는 많은 인력과 시간을 요구한다. 이는 현재 디지털 휴먼을 제작하기 위한 고품질의 3D 모델 제작에 있어 가장 큰 문제로 인식되고 있다. 그에 비해 3D 스캔을 통한 모델 생성은 빠르게 모델링 데이터를 얻을 수 있으나, 스캔을 위한 대량의 하드웨어가 필요하며 3D 스캔을 위한 하드웨어의 구성과 성능에 따라 그 결과물의 편차가 크게 나타나는 문제가 있다.

실사 기반의 디지털 휴먼 제작은 움직임 및 모델의 기본이 되는 인물을 촬영한 뒤, 얼굴과 표정을 3D 맵핑(mapping)을 통해 합성한다. 이 방법을 통해 빠르게 움직이는 인물에 대한 모션과 영상을 획득할 수 있지만, 최종 결과물이 전신이 구현된 3D 모델이 아니므로 목적에 맞게 촬영된 영상 이외에는 활용 면에 있어서 제한이 발생한다.

리깅은 3D 모델을 변형할 때 자연스럽게 변형될 수 있도록 각 부위를 구분하고 가동 부위를 정의하는 과정으로 뼈대를 심는 과정이다. 제작된 3D 모델의 형태와 관절의 구성에 맞춰 수행되는 리깅이 선행되지 않으면 생성된 3D 모델의 각 부위가 유기적으로 연계하여 움직일 수가 없으며 정밀하게 완료된 리깅은 3D 모델의 애니메이션에 대한 완성도를 높이고 이질감을 줄이는 가장 중요한 요소이다.

둘째, 자연스러운 움직임을 재생 또는 구현할 수 있는 모션 캡처 기술이다. 주로 사용되는 모션 캡처의 방식에는 마커(marker)를 통해 움직임을 추적하는 마커 방식과 센서를 이용한 마커리스(markerless) 방식이 있다. 마커 방식은 주로 광학식이 사용되며 마커리스 방식에는 자이로식이 많이 사용된다. 그 밖에도 카메라를 통해 획득한 이미지를 기반으로 인공지능 기술을 이용하여 움직임을 추정하는 이미지 기반(또는 비전 기반)의 모션 캡처가 있으며 각각의 모션 캡처 기술의 장단점은 [표 1]과 같다.

[표 1] 모션캡처 기술의 비교

구분(대표 기술)	장점	단점
마커 방식 (옵티컬 트랙커)	<ul style="list-style-type: none"> 정밀한 모션캡처 가능 안면 캡처에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 통제된 환경의 전용 스튜디오 필요 모션캡처 슈트 착용
마커리스 방식 (자이로 센서)	<ul style="list-style-type: none"> 공간적 제약이 적음 손가락 캡처에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 실제의 움직임과 오차 발생 센서를 신체에 착용
비전 방식 (카메라)	<ul style="list-style-type: none"> 안면/전신/손가락 캡처 가능 신체에 착용하는 장비가 없어 3D 스캔과 병행 가능 딥러닝을 통한 지속적인 정밀도 향상 	<ul style="list-style-type: none"> 상대적으로 정밀도가 떨어짐 카메라 하드웨어의 영향을 많이 받음 후보정이 필요

또한, 세밀한 감정표현, 움직임 표현을 위한 안면의 움직임과 손가락의 움직임을 캡처하기 위한 기술도 필요하다. [그림 4]와 같이 안면의 움직임을 캡처하기 위해서는 머리 고정형 얼굴 모션 캡처 리그(Head Mounted Facial Motion Capture Rig, HMC)가 필요하며, 손가락의 움직임을 캡처하기 위해서는 글러브 형태의 트래킹 글러브(Finger Tracking Gloves) 또는 센서와 같은 장비를 사용한다.



[그림 4] HMC(좌)와 핸드 캡처 글러브(우)

셋째, 목적에 맞는 인터랙션을 수행하고 응답할 수 있는 인공지능이다. 빅데이터 처리와 데이터마이닝을 통한 인공지능 고도화, 자연어 입력 및 출력을 통해 디지털 휴먼이 입력된 질문 또는 주어진 상황에 대해 자연스럽게 반응하여 처리할 수 있도록 하며 딥러닝을 통한 이미지 학습과 캡처 정밀도 향상을 통해 자연스러운 움직임을 구현할 수 있도록 움직임을 보정 한다. 또한, 인공지능을 통한 이미지 합성을 통해 자동으로 리깅 또는 페이스 리깅을 진행하고 보이스웨어를 통한 음성 출력과 동기화된 자연스러운 입 모양을 구현하는 등 세밀한 부분의 정밀도를 올리기 위해서 인공지능을 사용한다.

2-3. 디지털 휴먼의 사례

이승환·한상열(2021)은 디지털 휴먼의 사례를 분석하면서 활용 분야를 [표 2]와 같이 분류하였다.²⁾

[표 2] 디지털 휴먼의 활용 분야

분야	내용
엔터테인먼트	가상 모델·가수·배우·인플루언서, 게임캐릭터 등
유통/금융/방송	브랜드·상품·서비스 홍보, 고객 응대, 아나운서 등
교육/훈련	교사, 교육 훈련 대상(피상담자·환자·고객 등 역할) 등
헬스케어	건강 상담, 운동 코칭 등

현재 디지털 휴먼은 다양한 분야에서 사용되고 있으며 각 분야의 목적에 맞게 제작되어 활용되고 있다. 최근 주목받고 있는 디지털 휴먼의 대표 사례를 종합하면 [표 3]과 같다.

[표 3] 디지털 휴먼의 활용 사례

이미지	이름 / 제작사	분야	제작방식
	<ul style="list-style-type: none"> imma AWW Inc. 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 모델 디지털 인플루언서 	<ul style="list-style-type: none"> 실사 기반
	<ul style="list-style-type: none"> 김래아 LG전자 	<ul style="list-style-type: none"> 제품홍보 디지털 아나운서 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 모델링
	<ul style="list-style-type: none"> 오로지 로커스 / 싸이더스 스튜디오 X 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 모델 디지털 인플루언서 	<ul style="list-style-type: none"> 실사 기반
	<ul style="list-style-type: none"> 에스파 자이언트 스텝 / SM Ent. 	<ul style="list-style-type: none"> 연예인 메타버스 연계 콘텐츠 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 모델링
	<ul style="list-style-type: none"> Amelia IPsoft 	<ul style="list-style-type: none"> 유통/금융 등 AI 비주요 어시스턴트 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 모델링

현재까지 등장한 디지털 휴먼들의 사례를 통해 볼 때 대부분이 3D 스컬핑 또는 실사 기반의 합성을 통해 디지털 휴먼을 제작하였다. 3D 모델링을 통한 디지털 휴먼 제작은 정밀한 3D 모델 제작한 뒤 해당 모델을 바탕으로 원하는 다양한 형태로 디지털 휴먼의 구현이

2) 이승환·한상열, 메타버스 비긴즈, 소프트웨어정책연구소, 2021, p.14

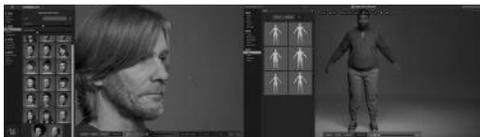
가능하다는 장점이 있지만, 제작에 시간과 비용이 많이 드는 단점이 있다. 이는 다수의 숙련된 제작인력이 필요하며 제작 기간의 증가와 인건비 증가로 이어지는 문제점을 가지고 있다. 또한, 애니메이션 적용을 위해 별도의 모션 캡처를 진행하거나 키프레임을 통한 애니메이션을 제작해야 하는 한계가 있다. 실사 기반의 디지털 휴먼 제작은 연기자를 촬영한 실사를 바탕으로 얼굴을 합성하는 방식으로 비교적 제작이 간편하나 제한된 형태의 가공만 가능하다는 단점이 있다. 한 번 제작한 콘텐츠의 수정이 불가능하고 다른 구도, 다른 형태로 제작하기 위해서는 처음부터 새로 작업을 해야 하는 한계점을 가지고 있다. 일례로 실사 기반의 디지털 휴먼을 구현한 로커스의 “로지”의 경우 기초 모델을 제작하는데 6개월, 스틸컷 이미지를 제작하는데 2~3일의 제작 기간이 소요된다³⁾.

이러한 디지털 휴먼 제작 형태에 따른 구조적인 한계점으로 인해 디지털 휴먼의 제작 및 활용은 극히 제한적으로 이루어지고 있으나 기술의 발전과 새로운 제작 기법의 도입에 따라 기존의 제작방식을 개선한 새로운 형태의 디지털 휴먼, 즉 메타휴먼이 등장하게 되었다.

3. 메타휴먼

3-1. 메타휴먼의 정의

메타휴먼은 Epic Games가 자사의 게임 엔진인 Unreal Engine을 이용하여 생성한 디지털 휴먼에 붙인 이름이다. [그림 5]와 같이 Epic Games의 메타휴먼은 기존의 디지털 휴먼과 달리 사전에 생성된 Asset을 기반으로 쉽고 빠르게 만들 수 있으며 그 품질이 매우 높아 차세대 디지털 휴먼의 대명사처럼 사용되기 시작하였다.



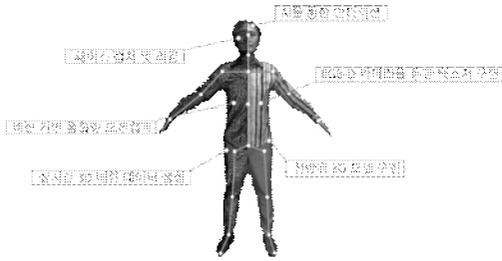
[그림 5] Epic Games의 메타휴먼 크리에이터

기존 디지털 휴먼의 제작방식을 개선하였다는 점에서 디지털 휴먼의 제작 기법을 중심으로 한 본 연구에서는 메타휴먼을 디지털 휴먼의 제작방식을 보완한 포스트 디지털 휴먼으로 규정한다. 디지털 휴먼은 그 제작과정의 특성상 3D 모델의 생성, 애니메이션 적용 등 모든 과정에 수작업이 동반되는 “수동적 가상인간”이나 메타휴먼은 실사를 바탕으로 하는 3D 모델 생성, 모션 캡처가 반영된 실시간 렌더링을 통한 움직임 구현, 인공지능과 결합된 역할 수행 등 “능동적 가상인간”으로 정의할 수 있다. 이를 위해 메타휴먼은 이론적 배경에서 언급한 가상 인간처럼 캐릭터가 부여되고 실존하는 인물을 대상으로 제작되어 디지털 더블로서 기능의 개념이 혼합된 형태로 존재한다. 더 나아가 모션캡처를 통해 실시간으로 움직임을 구현할 수도 있으며 AI와 결합하여 모션 캡처 없이 독립적으로 실시간 인터랙션과 움직임이 가능하며 자연스러운 감정표현을 할 수도 있다. 또한, 메타휴먼은 평면에서의 재생을 전제로 제작되는 디지털 휴먼과 달리 자유로운 관찰 시점의 이동이 가능한 VR/AR의 가상공간에서의 활용을 전제로 하므로 전방위 모델 구현이 필수적으로 요구된다. 즉, 디지털 휴먼의 다음에 등장할 메타휴먼은 “매우 정교하게 만들어진 360도 전방위가 구현된 3D 모델링을 바탕으로 독립된 개체로서 활동할 수 있는 캐릭터성을 가지고, 다양한 다중 인터랙션이 가능한 발전된 디지털 휴먼”이라고 할 수 있다. 이처럼 메타휴먼은 디지털 휴먼과 비교할 때 제작 과정상의 차이뿐만 아니라 적용 기술, 활용 분야, 발전 방향 등 모든 분야에서 차이가 발생하기 때문에 디지털 휴먼과 분리된 메타휴먼에 대한 개별적인 연구가 필요하다.

3-2. 메타휴먼의 제작요소 기술

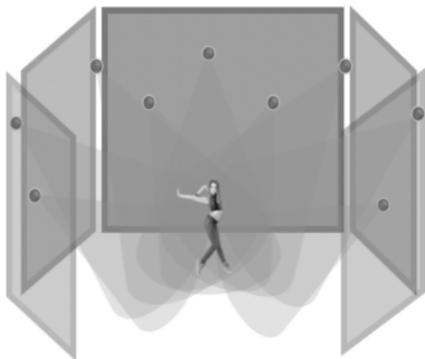
[그림 6]은 메타휴먼을 제작하는데 요구되는 기술들을 표현한 도식이다. 메타휴먼의 제작은 단순 모델링뿐만 아니라 인터랙션, 실시간 모션 구현 등 다양한 기능을 구현하기 위해 여러 종류의 기술의 복합적인 적용이 필요하다.

3) 강경희, “서울 출생, 나이는 영원히 22세… 가상인간 로지의 탄생비화, 조선일보, 2021.8.6.



[그림 6] 메타휴먼 제작요구 기술

디지털 휴먼과 메타휴먼의 제작 과정상의 가장 큰 구분점은 3D 모델의 생성 방식이라고 할 수 있다. 메타휴먼은 실제 존재하는 대상을 바탕으로 하는 매우 사실적인 모델 제작을 요구한다. 또한, 메타휴먼은 평면의 이미지가 아닌 VR/AR/XR 등 전방위가 구현된 가상의 공간에서의 활용까지 고려하기 때문에 360도 전방위 구현이 필요하다. 이를 위해 기존의 3D 모델링 방식이나 실사 기반의 합성이 아닌 4D 볼류메트릭 스캔 기술을 통해 빠르고 정확한 모델을 생성하는 점이 디지털 휴먼과의 가장 큰 차이점이다⁴⁾. [그림 7]은 4D 볼류메트릭 캡처의 구성도며 [그림 8]은 4D 볼류메트릭 캡처를 통해 메타휴먼을 제작하는 주요 과정이다.



[그림 7] 4D 볼류메트릭 캡처의 개요

(출처 : mn-nh.com).

4D 볼류메트릭 캡처의 특징은 [표 4]와 같다. 4D 볼류메트릭 캡처는 전방위 캡처와 동시에 별도의 하드

4) 서영호, 볼류메트릭 실사 4D 영상 기술, 한국방송미디어공학회, 방송과미디어 제26권 제2호, pp.56-66, 2021.4.

웨어 없이 모션 캡처가 가능하며 이를 바탕으로 실시간으로 리깅이 적용된 3D 모델의 획득이 가능하고 획득한 이미지 기반으로 3D 모델에 텍스처도 적용이 가능하다. 이는 기존의 디지털 휴먼 제작기술의 구조적인 문제를 일신하여 빠르게 정밀한 전방위가 구현된 3D 모델을 생성할 수 있게 해준다. 그러나 현재 하드웨어의 한계상 고정밀의 3D 모델 생성을 위해서는 3D 메시(3D mesh) 수정, 텍스처 보강 등의 후보정 과정이 필요하다.



볼류메트릭 캡처 (3D 스캔 + 모션캡처)



3D 메시 생성



가상 배경 합성

[그림 8] 4D 볼류메트릭 캡처를 통한 메타휴먼 제작 과정 (출처:google.com)

[표 4] 4D 볼류메트릭 캡처의 특징

특징	내용
실시간 3D 매쉬 데이터 생성	- 획득한 이미지를 통해 실시간으로 편집 가능한 매쉬 데이터 생성
페이스 캡처 및 리깅	- 실시간으로 페이스 캡처 및 움직임 반영을 위한 리깅
비전 기반의 통합형 모션캡처	- 별도의 하드웨어 없이 모션 캡처 가능 - 실시간 스켈레톤 데이터 생성 및 리깅
전방위 3D 모델 구현	- 360도 전방위가 구현된 고품질 3D 모델 생성

이처럼 실시간으로 고품질의 3D 모델을 획득하고 실시간 리깅 및 경우에 따라 모션 캡처까지 결합하여 진행되는 4D 볼류메트릭 캡처는 고품질의 3D 모델의 생성이 쉽다는 장점이 있지만, 그 제작 과정상 처리해야 할 데이터의 용량 및 데이터 연산량이 기존의 3D 모델 제작방식과 비교할 때 매우 크며 그 과정 역시 복잡하게 설계되어있다. 또한, 4D 볼류메트릭 캡처 스튜디오를 구성하는 수십 대(40 대 이상)의 카메라에

대한 통합제어 기술과 이미지 합성을 위한 소프트웨어 등 다양한 부수적인 하드웨어와 소프트웨어 기술을 요구한다. 따라서 이러한 과정을 자동화해주고 빠르게 생산할 수 있는 통합제어 관리 솔루션이 필요하다.

3-3. 디지털 휴먼과 메타휴먼의 장단점

디지털 휴먼과 메타휴먼은 제작방식과 과정, 그리고 결과물에서 각각 장단점을 가지고 있다. 우선 디지털 휴먼은 최근 컴퓨터그래픽스 기술의 발전으로 매우 고품질의 결과물을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 특히 사전에 렌더링이 완료되는 오프라인 렌더링의 경우 실시간 렌더링과 비교하면 매우 정밀한 물리효과와 광원효과 등을 구현하여 실사와 동일한 수준의 결과물을 얻을 수 있다. 그러나 최초 3D 모델을 만드는 데 있어 상당히 많은 인력과 시간이 필요하며 애니메이션 구현을 위한 별도의 모션 캡처가 병행되어야 하고 그 결과물의 품질은 리깅의 완성도에 따라 좌우되는 문제가 있다. 그뿐만 아니라 실시간 움직임을 구현하기 어려워 인터랙션의 구현이 어렵고 스크립트에 따라 제한된 움직임만을 구현할 수 있는 한계가 있다.

[표 5] 디지털 휴먼과 메타휴먼의 장단점

디지털 휴먼	
장점	<ul style="list-style-type: none"> 오프라인 렌더링 기반의 고품질의 3D 모델 생성 가능 고품질의 광원, 물리효과 등 후처리 기술 적용 가능 오프라인 렌더링 + 스크립트를 통해 매우 높은 품질의 애니메이션 결과물을 제작할 수 있음
단점	<ul style="list-style-type: none"> 제작에 많은 인력과 시간이 필요함 스크립트 또는 키 애니메이션 제작에 많은 시간이 필요함 실시간 모션 반영이 어려움 3D 인체 모델, 의상 등을 별도로 생성해야 함 3D 모델에 대한 세밀한 리깅 작업이 필요
메타휴먼	
장점	<ul style="list-style-type: none"> 볼류메트릭 캡처를 통해서 빠르게 3D 모델을 획득 3D 모델 생성이 용이하며, 실시간 리깅이 가능 함 모션캡처와 연동된 실시간 애니메이션 생성이 가능 다양한 인공지능 기술의 적용 (3D모델링/표정/대화/인지) 가상공간, 메타버스, VR 등 다양한 플랫폼에 적용 가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> 볼류메트릭 캡처를 위한 머리 모양, 의상 재질, 색상, 움직임 등에 제약이 있고 스튜디오 및 하드웨어 등 고가의 장비 셋업이 초기에 필요 오프라인 렌더링에 비해 디테일이 부족하고 리얼타임 렌더링 구현을 위한 데이터처리량이 많음

디지털 휴먼과 메타휴먼의 장단점을 정리하면 [표 5]와 같다. 메타휴먼은 4D 볼류메트릭 캡처를 통해 빠르게 편집 가능한 매쉬 데이터를 획득할 수 있다. 또한, 360 전방위 캡처와 동시에 모션 캡처와 리깅이 가능하다. 실시간 리깅이 가능한 만큼 모션 캡처를 통해 실시간 렌더러와 연계한 라이브 3D를 구현할 수 있다. 그러나 4D 볼류메트릭 캡처를 위해 별도의 전용 스튜디오가 필요하며, 스튜디오 내에서도 제한된 촬영공간의 한계를 가진다. 또한, 라이브 3D는 오프라인 렌더링에 비교해 결과물의 품질이 떨어지는 문제가 있고 현재 기술적 한계로 인하여 캡처 가능한 의상과 헤어 스타일 등이 제한되어 이를 구현하기 위한 후보정 과정이 필요하다.

3-4. 디지털 휴먼에서 메타휴먼으로의 전환

본 연구에서는 메타휴먼을 디지털 휴먼의 발전형으로 규정하였으며 이를 위해 디지털 휴먼을 시간적, 기술적 변화에 따라 세대 구분은 진행하여 분석하였고 그 결과는 [표 6]과 같다.

1세대부터 2.5세대까지 사용된 3D 모델 제작방식은 3D 모델을 직접 만드는 스컬핑 방식을 사용하였다. 움직임 구현을 위해 1세대는 키프레임을 통한 애니메이션을, 2세대는 실사 배우를 통한 합성을 사용하였으며 2.5세대에 들어서 모션 캡처가 적용되기 시작하였다. 3세대부터는 4D 볼류메트릭 캡처와 모션 캡처, 그리고 실시간 렌더링을 통한 라이브 3D가 가능하게 되어 본 연구에서 제시한 메타휴먼의 정의와 가장 근접하였다. 그리고 4세대는 인공지능과 결합하여 보다 자연스러운 움직임과 인터랙션이 가능한 독립적인 캐릭터를 가진 가상 인간으로서의 가능성을 가진 메타휴먼이라고 할 수 있다. 현재 기준으로 4세대 디지털 휴먼은 제작방식의 특성상 3세대보다 정밀도가 떨어지나, 향후 인공지능의 발전 및 머신러닝의 결과에 따라 3세대보다 정밀하고 쉽게 생성할 수 있는 형태로 발전될 것이라 여겨진다. 또한, 혼합현실 환경이 도래하면서 3D 콘텐츠의 수요가 증가하고 있는 상황에서 메타휴먼에 대한 수요 역시 증가할 것으로 예상된다. 특히, 다자간의 참여와 상호작용을 기반으로 하는 메타버스 환경에서는 인터랙션을 구현하기 용이한 메타휴먼이 가장 적합할 것으로 여겨진다. 그밖에 가상 인간의 적용 범위가 오프라인에서 온라인(메타버스)으로 확장됨에 따라 가상 인간의 주류는 오프라인 위주의 디지털 휴먼에서 온라인 위주의 메타휴먼으로 변화하게 될 것이다.

[표 6] 디지털 휴먼의 세대 구분

기술 구분	대표 모델	모델링 / 렌더링 방식	모션캡처 방식	특징
1세대 (아담)		<ul style="list-style-type: none"> 스캔본을 통한 3D 모델 제작 	<ul style="list-style-type: none"> 모션 캡처 X 컴퓨터생성으로 애니메이션 구현 	<ul style="list-style-type: none"> 키 애니메이션을 통한 사생활 보호 및 움직임 스크립트에 따른 움직임
2세대 (조각)		<ul style="list-style-type: none"> 3D 렌더링, 실사 모델 	<ul style="list-style-type: none"> 실사 촬영의 움직임 통합 실사와 통합된 움직임 구현 실시간 모션 제어 불가 	<ul style="list-style-type: none"> 실사 촬영의 영상 부분에 실사 채운 3D CG 합성하여 영상 실사와 동일한 수준의 통합한 모션 및 그래픽 품질 제공 실사용 바탕으로 하는 영상용 용어 생성되는 단계로 인해 라이브 3D 불가 결과물 품질은 있으나 영상 일회적 시간이 필요하여 콘텐츠 제작과 활용에 제한이 있음
2.5세대 (수아)		<ul style="list-style-type: none"> 스캔본을 통한 3D 모델링 고품질 움직임을 위한 오프라인 렌더링 실시간 렌더링을 통한 라이브 3D 	<ul style="list-style-type: none"> 호전 블라저, 페이스 리프 등 사용하여 움직임 통합 실시간 움직임 구현(언서/영사기반) 스프링보드 혹은 애니메이션 	<ul style="list-style-type: none"> 최고급 모션캡처 장비를 통한 실시간 움직임 구현 오프라인 렌더링을 통해 최상의 움직임과 가장 고품질의 결과물 출력 정밀 렌더(휴머노이드)와 고품질의 폴리곤과 및 라이브 3D 출력 라이브 3D의 경우 오프라인 렌더링에 비해 품질이 떨어짐 실시간 움직임 제어로 실시간 실시간 렌더링 가능 장용형 모션캡처 장비 통합 실시간 움직임 구현
3세대 (차이엔)		<ul style="list-style-type: none"> 물류 제작 업체 메타버스인 프라임어미 실시간 렌더링을 통한 라이브 3D 	<ul style="list-style-type: none"> 호전 블라저, 페이스 리프 등 사용하여 움직임 통합 실시간 움직임 구현(버전기반) 	<ul style="list-style-type: none"> 물류 제작 업체를 통한 3D 모델링 메타버스인 프라임어미를 통한 실시간 움직임 생성 및 수정 정밀 렌더(휴머노이드)와 고품질의 폴리곤과 및 라이브 3D 출력
4세대 (아멜리아)		<ul style="list-style-type: none"> 유용 제작 업체 인공지능을 통한 움직임 	<ul style="list-style-type: none"> 인공지능을 통한 움직임 학습을 통한 실시간 움직임 구현 비전기반 통합 움직임 실시간 모션캡처 	<ul style="list-style-type: none"> 물류 제작 업체를 통한 3D 모델링 물류 제작 업체를 통한 3D 모델링 인공지능을 통한 움직임 학습을 통한 실시간 움직임 생성 및 수정 정밀 렌더(휴머노이드)와 고품질의 폴리곤과 및 라이브 3D 출력 인공지능을 통한 움직임 학습을 통한 실시간 움직임 생성 및 수정 인공지능을 통한 움직임 학습을 통한 실시간 움직임 생성 및 수정

4. 결론

본 연구에서는 기술 발전과 더불어 혼합현실 환경에서 주요한 콘텐츠로 부상한 디지털 휴먼에 대하여 제작기법을 중심으로 분석하고 향후 디지털 휴먼의 발전 방향을 탐색하였다. 현재 디지털 휴먼의 제작에서의 가장 큰 장벽은 3D 모델 생성과 움직임 구현이며 이를 위해서 다수의 숙련된 3D 그래픽 디자이너와 제작비용을 요구한다. 디지털 휴먼 및 유사 콘텐츠의 수요는 계속하여 증가하고 있는 만큼 해당 장벽을 해결하는 것은 디지털 휴먼의 활용 범위를 극적으로 확장할 수 있을 것이다. 이에 본 연구에서는 디지털 휴먼의 사례와 제작방식을 통해 사용된 기술을 바탕으로 디지털 휴먼의 세대를 구분하였으며 현재 디지털 휴먼의 제작방식을 일신하여 제작 과정상의 한계를 극복하고 더 나은 품질의 3D 모델을 획득함으로써 전방위 관찰이 가능한 4D 콘텐츠를 구현할 수 있는 발전된 형태의 디지털 휴먼으로서 메타휴먼을 제안하였다.

앞에서 살펴본 것과 같이 디지털 휴먼은 그 활용 범위가 오프라인에서 온라인 위주로, 또한 메타버스로 확장됨에 따라 실시간 상호작용의 필요성이 제기되고 있다. 현재 제작되는 디지털 휴먼은 상호작용의 기능보다는 활용 목적에 따라 사전에 구성된 스크립트에 맞춘 지정된 상호작용 또는 애니메이션만 표현할 수 있으며 실시간 상호작용은 불가능한 한계를 가진다. 앞으로 디지털 휴먼은 다양한 분야에서 실제 사람을 대체하며 시공간을 초월한 활용이 기대되는 만큼 단일 목적을

가지고 제작된 기존의 디지털 휴먼 모델에서 벗어나 다양한 환경에서 활용이 가능한 범용성을 요구하게 될 것이다. 따라서 기존의 디지털 휴먼의 제작방식에서 발생하는 한계점 극복을 위해 새로운 제작방식과 기술의 융합을 통한 새로운 형태의 디지털 휴먼, 즉 메타휴먼의 필요성이 제기된다. 이에 따라 앞으로 디지털 휴먼은 오프라인에서 벗어나 메타버스 환경에서 요구하는 기술적 요구에 맞춰 실제와 구분이 어려운 수준의 고품질의 모델링 및 움직임을 가지고 인공지능을 통해 실시간 상호작용이 가능한 독립된 개체로서의 메타휴먼으로 발전할 것으로 예상된다. 메타휴먼과 관련된 본 연구에 대한 후속 연구로서 메타휴먼 제작 방법론과 관련된 연구를 통해 효율적인 메타휴먼의 생성 방법과 적용 방안에 관한 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

1. 강수호·손미애, 온톨로지 기반 디지털 휴먼모델의 작업 적용성 제고 방안 연구, 한국CDE학회 논문집, 2012.02, 17(2).
2. 김세영·허정윤, 디지털휴먼의 페르소나에 영향을 미치는 요소로서 패션 스타일 분석, 한국디자인학회 논문집, 2021.05.

3. 박진호·김상헌, 인공지능형 디지털 휴먼 개발, 글로벌문화콘텐츠, 2021.02, 제26호
4. 이승환·한상열, 메타버스 비전즈 : 5대 이슈와 전망, 소프트웨어정책연구소 이슈리포트 116호, 2021.
5. 강경희, “서울 출생, 나이는 영원히 22세... 가상인간 로지의 탄생비화, 조선일보, 2021.8.6.
6. 서영호, 블류메트릭 실사 4D 영상 기술, 한국방송미디어공학회, 방송과미디어 제26권 제2호, pp.56-66, 2021.4.
7. amelia.ai
8. aww.tokyo
9. cubicmotion.com
10. digitalhumans.com
11. google.com
12. locus.com
13. mn-nh.com
14. onmind-inc.com
15. virtuals.co