

http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.6.411

JCCT 2024-11-52

실제 배우의 외형적 특성을 반영한 디지털 액터의 표정연기 개선 방법

Methods to Enhance Facial Expression Acting of Digital Actors Reflecting Actual Physical Characteristics of Real-actors

나원희*, 주지희**, 김두범***

Won-Hee Na*, Ji-Hyi Ju**, Du-Beom Kim***

요약 본 연구는 디지털 액터의 표정연기 개선을 위해 페이스 캡처 기술을 기반으로 실제 배우 표정의 특징과 매력을 아바타에 투영하는 방법을 모색하는 것에 최종 목적을 둔다. 메타버스 공연은 시공간의 제약 없이 다양하게 상황을 연출 할 수 있어 이를 관람하는 관객에게 새로운 문화적 경험을 제공한다. 하지만 현재 메타버스 공연에서 디지털 액터의 표정연기는 감정을 전달하는 것에 일정 부분 취약한 것도 사실이다. 또한 이는 관객의 몰입을 방해하는 요인 중 하나로 작용한다. 모든 아바타가 외형적으로 고유한 특징을 지니지 못하여 차별성이 부족한 부분도 문제점 중 하나이다. 이러한 한계점을 극복하기 위하여 실제 배우의 표정을 3D 스캔으로 모델링하여 모프타겟을 제작하고, 페이스 캡처 기술을 활용하여 아바타에 적용하는 방법을 제안한다.

주요어 : 페이스 캡처, 표정연기, 모프타겟, 감정 표현

Abstract The final purpose of this study is to find a method of projecting the characteristics and attractiveness of actual actor's facial expressions onto avatars based on facial capture technology to improve facial expressions of digital actors. Metaverse performances can create various situations without time and space constraints, providing new cultural experiences to the audience watching them. However, it is also true that in current metaverse performances, digital actors' facial expressions are partially vulnerable to conveying emotions. It also acts as one of the factors that interfere with the audience's immersion. One of the problems is that not all avatars have unique characteristics outwardly, so the lack of differentiation is also one of the problems. To overcome these limitations, we propose a method of modeling the actual actor's facial expressions with 3D scans to create a morph target and applying it to avatars using facial capture technology.

Key words : Facial capture, facial expression acting, morph target, expression of emotion

1. 서론

메타버스는 초월이라는 의미의 Meta와 현실세계나 우주를 의미하는 Universe의 합성어로[1] '현실을 초월하여 만들어낸 세계' 또는 '현실과 가상이 혼재된 3차

원의 가상공간'을 의미한다. 이 용어는 1992년 ASF 작가인 닐 스티븐슨의 소설 <Snow Crash>에서 처음 등장했으나 당시에는 인터넷에 대한 개념조차 제대로 자리 잡히지 않아 큰 주목을 받지 못했다. 이후 2003년 <Snow Crash>의 영감을 받아 개발된 <세컨드 라이

*서경대학교 공연예술학과 석사과정 연구원 (제1저자)
**서경대학교 공연예술학부 부교수 (제2저자)
***서경대학교 공연예술학부 부교수 (교신저자)
접수일: 2024년 8월 27일, 수정완료일: 2024년 9월 13일
게재확정일: 2024년 11월 5일

Received: August 27, 2024 / Revised: September 13, 2024
Accepted: November 5, 2024
***Corresponding Author: weni31@skuniv.ac.kr
Dept. of Performance, SeokyeongUniversity, Korea

프>가 출시되면서 메타버스는 다시금 눈길을 끌었고 4차 산업혁명 시대의 부흥과 함께 바야흐로 디지털 세계에서 융성하기 시작했다. 현재는 교육, 비즈니스, 게임 등 다양한 분야에서 메타버스를 접목하여 새로운 콘텐츠를 개발하고 있다. 메타버스 사용자는 시공간을 초월하면서도 현실을 그대로 반영한 가상의 세계에서 아바타를 통해 현실에서는 불가능한 것들을 직접 경험할 수 있다. 이른바 가상현실이라는 개념으로 보편적인 정의는 '컴퓨터가 만들어낸 가상의 공간에서 인간이 현실감을 느끼는 것'이라고 제시할 수 있을 것이다 [2].

메타버스 공연은 가상현실(Virtual reality), 증강현실(Augmented reality), 혼합현실(Mixed reality)[3] 등 디지털 기술을 기반으로 가상공간에서 이루어지는 공연을 의미하며, 코로나19 팬데믹으로 비대면 활동이 증가함과 동시에 본격적으로 대두되었다. 이 공연의 형태는 물리적인 제약 없이 어디에서나 접근할 수 있으며, 다양한 인터랙티브 요소를 제공하면서 관객의 참여를 유도한다. 급속화된 디지털 기술의 발전은 메타버스 공연의 가능성을 크게 넓혔다. 고해상도의 디스플레이, 정교한 모션 트래킹, 실시간 렌더링 기술 등이 현실감 있는 가상공간을 구현하게 되면서, 관객들은 실제 공연장에 있는 듯한 몰입감을 경험할 수 있게 되었다.

이렇듯 메타버스 공연은 관객에게 가상의 세계에서 실제 공연을 관람하는 것과 같은 새로운 문화적 경험을 제공한다. 또한, 오프라인 공연과는 다르게 공간과 시간의 제약에서 벗어나 다양한 상황 및 배경을 모방하고 실현할 수 있는 장점이 있다. 오프라인 공연에서 무대, 관객, 배우가 필수적이듯, 메타버스 공연에서는 가상 환경의 무대, 관객, 그리고 배우와 동일한 디지털 액터가 필수적이라 할 수 있다.

디지털 액터는 주로 실제 배우가 모션 캡처(Motion Capture) 기술을 활용하여 실시간으로 연기를 구현하는 방식으로 생성된다. 근래에는 다양한 모션 캡처 기술의 접근성, 정확성, 실시간 처리 능력, 비용 효율성 등이 상승하면서 이전보다 훨씬 정확하고 자연스러운 모션 캡처 결과물이 나오고 있다. 특히 페이스 캡처(Facial Capture) 기술의 발달로 배우의 동작뿐만 아니라 얼굴 표정까지 정밀하게 캡처할 수 있게 되었다. 이는 자연스러운 표정 구현을 가능하게 하여 디지털 액

터가 더욱 사실감 있는 연기를 펼칠 수 있게 도와준다.

그럼에도 불구하고, 전문가들은 디지털 액터의 가장 큰 문제점으로 연기와 몰입의 문제를 제시한다. 디지털 액터의 궁극적인 목표는 인간과 동일한 살아있는 캐릭터를 재현하는 것이다. 이는 고도로 실감나는 감정의 표현에 달려있다. 모션 캡처 전문 배우인 앤디 서키스도 디지털 액터의 감정 표현을 지적한 바가 있다 [4]. 표정은 인물의 감정과 내면을 나타낸다. 따라서 페이스 캡처로 디지털 액터의 표정을 구현하는 것에 있어 좀 더 나은 개선의 방법을 지속적으로 연구하는 것은 무척 중요한 것이다.

또한 메타버스 공연 내에서 디지털 액터 아바타가 외형적으로 고유한 특징이 부족하여 모두 유사한 이미지를 갖는 것에 대한 문제가 있다. 아바타의 일차적 외모는 물론 최대한 다르게 제작되지만, 각각의 배우 얼굴 근육 움직임에서 비롯되는 고유한 표정은 완벽하게 재현하기는 어려운 부분이다. 이로 인해 관객들로 하여금 비슷한 인물로 느껴지게 하는 결과를 낳는다. 이러한 외형적 유사성으로 인해 관객들은 각각의 아바타를 구분하기 어려워지고 이는 스토리 전달이나 감정의 교류가 효과적으로 이루어지지 않을 위험을 수반한다. 결과적으로 실제 배우의 외형적 특징과 표정을 아바타에게 제대로 반영하지 못할 경우 관객이 공연에 몰입하기가 어려워지는 것이다. 특히, 배우의 표정연기가 큰 비중을 차지하게 된다면 이러한 한계는 더욱 심화될 수 밖에 없다. 따라서 메타버스 공연의 발전을 위해서는 실제 배우의 표정과 특징을 아바타에 효과적으로 반영할 수 있는 방법을 모색하는 것이 필요하다.

디지털 액터의 모션캡처 연기는 이미 영화 등 다른 미디어 장르에서 이미 수준급의 표정연기를 보여주었다. 그 중 제임스 카메론 감독이 제작한 영화 <Avatar>(2009)는 디지털 액터를 활용한 대표적인 사례이다. 이 영화는 페이스 캡처 기술을 통해 배우의 얼굴과 표정을 아바타에 구현하였고, 실제 배우의 연기를 정확하게 복제하는 결과물을 이루어냈다. 제작 단계에서 배우들의 얼굴 표정을 다양한 각도로 스캔하여 세밀하게 모델링을 완성시킴으로써 감정의 표현을 중시하고 있다 [5]. 하지만 현재 메타버스 공연은 실시간이라는 한계로 영화와 달리 사후 편집을 할 수 없기 때문에 아직까지는 미흡한 것이 사실이다.

따라서 본 연구는 페이스 캡처 기술을 기반으로 실

제 배우의 고유한 특징과 매력을 아바타에 투영하는 방법을 찾는 것을 목표로 한다. 이를 위하여 실제 배우의 표정을 3D 스캔으로 모델링하여 모프타겟을 제작하고, 페이스 캡처 기술을 활용하여 아바타에 적용하는 방법을 제안한다. 모프타겟은 실제 배우의 얼굴 표정과 특징을 정확하게 재현하기 위한 핵심 기술이다. 실제 배우의 특징과 표정을 반영한 아바타가 관객들에게 더욱 현실감 있는 공연을 제공할 수 있기를 기대하는 바이다.

II. 이론적 개괄

1. 디지털 액터와 디지털 휴먼

디지털 액터(Digital Actor)란 실제 배우와 동일한 수준의 외형과 동작을 구현할 수 있는 컴퓨터 그래픽(DG) 영상 캐릭터를 의미한다[6]. 디지털 휴먼(Digital Human)은 광의적인 의미로 실제 사람과 같이 생동적인 것을 디지털로 창조하여 인지적으로 상호작용이 가능한 가상의 인간을 말한다[7]. 디지털 액터 기술은 영상 특수효과, 3D 애니메이션, 게임, VR 등 다양한 CG 콘텐츠 제작이나 사망한 배우 혹은 상상 속의 배우를 출현시키는 영상 콘텐츠 제작에 활용되고 있다[8].

디지털 액터 기술을 활용하여 인물을 제작할 경우, 외모뿐만 아니라 표정 캡처, 근육을 통한 사실적인 신체 표현, 피부 렌더링, 모션 데이터 처리 및 동작 생성이 가능하고 이러한 기술 덕분에 특정 역할을 연기하는 데 있어 성별, 나이, 외모 등의 제약이 사라지며, 배우의 역량과 상관없이 원하는 수준의 연기와 캐릭터를 연출할 수 있다는 장점이 있다[9].

디지털 휴먼을 제작하고 표현하는 방식에도 다양한 방법이 있다. 극사실적인 드라마 또는 영화에서 서사 기반의 내러티브를 감정으로 표현하는 디지털 액터는 실제 배우를 디지털 카메라로 360도로 캡처하여 3D로 생성하는 볼륨메트릭(Volumetric), CG 환경에서 3차원 좌표에서 점, 선, 면으로 생성하는 3D 휴먼 모델, 컴퓨터로 다양한 인간의 데이터 라이브러리를 분석하고 제시한 것을 가공하는 형태로 생성하는 뉴럴 휴먼 렌더링(Neural Human Rendering) 기술 등이 있다[10].

디지털 액터의 생성 기술은 4차 산업혁명의 시대를 맞아 인간의 능력이 지닌 많은 장단점을 극복하기 위해 인공지능을 기반으로 광범위하게 개발되고 있다.

일례로 방송과 영화산업에서는 디지털 액터의 다양한 기술적 한계를 넘어서기 위해 딥러닝을 활용한 인공지능을 도입하여, 인간 고유의 감정과 감정 표현을 구현하는 여러 대체 기술 및 융합 기술을 적용하고 있다.

결과적으로 디지털 휴먼은 인간의 다양한 심리적 분석과 인간 행동 분석을 근거로 감정 연기를 이해하고 이것에 딥러닝과 음성인식, 음성 재현, 동작제어 및 표현, 오감 표현 등을 기술적으로 표현하는 영역을 포함한다. 고로 디지털 휴먼에서 파생되는 디지털 액터를 창조하는 영역은 단순한 게임 기술이나 미디어 기술 영역에 국한되는 것이 아니라 인문학과 예술, 의학, 과학 등 모든 학문 분야에 걸쳐 생물학적인 인간을 창조하는 이상적인 영역으로 접근해야 하는 분야라고 할 수 있겠다.[11].

2. 디지털 액터의 연기: 디지털 액팅

‘디지털 액팅’이라는 신개념은 디지털 액터, 또는 사이버 액터라고 불릴 수 있는 새로운 유형의 연기자들의 역할을 정의하고, 이에 맞는 새로운 연기 이론과 훈련법을 요구하고 있다. 하지만 미래 영화 장르의 대안으로 주목받고 있는 모션 캡처 기반의 3D 애니메이션 영화의 트렌드를 냉정하게 살펴보면 ‘디지털 액팅’에 대한 개념 확립이나 디지털 연기 기술에 대한 심도 있는 고찰을 찾아보기 어려운 게 현실이다[12]. 그 원인 중 하나로 디지털 액팅의 개념이란 본래 기존 애니메이션의 영역과 실사배우의 연기 분야 간의 모호한 경계선 위에 위치해 있고, 디지털 액팅에 관한 연 이론 역시 제대로 정립되지 않았었기 때문이다[13].

그럼에도 불구하고 디지털 연기의 대표적인 사례를 살펴보면 영화 <아바타>를 들 수 있다. <아바타>에서 적용한 기술은 이모션 캡처(Emotion capture)이다. 이 기술의 개발로 인해 디지털 액터의 디테일한 연기가 가능해졌다. 또한 이 기술은 모션 캡처 데이터와 움직임 및 배우들 간의 실감 나는 연기 분위기를 형성해준다. 더불어 얼굴의 주요 근육 부위를 마킹하고 머리에 장착된 적외선 카메라를 통해 표정 변화를 즉각적으로 기록하여 배우의 감정 표현을 명확하게 담아내는 것에 일조한다. 실시간으로 촬영 결과를 합성해 배우들에게 모니터의 기회를 제공함으로써 보다 현실감있는 연기가 가능해졌다는 점도 장점으로 꼽을 수 있다[14].

이모션 캡처는 이렇듯 기술적 요소를 통해 디지털

액터의 연기를 더욱 사실적으로 표현할 수 있게 해주며, 다양한 미디어 장르에서의 몰입감을 한층 더 높이는데 기여한다[15]. 하지만 분명한 사실은 디지털 연기에 요구되는 것은 기술적인 부분을 습득하기에 앞서, 배우 내면의 진실된 감정과 그것을 표현하는 신체적인 움직임을 어떻게 균형 있게 조화시킬지에 대한 고민이 필요하다.

디지털 연기 또한 일반적인 연기에서 상대방과 자극과 반응을 주고받는 리액션이 중요한 것처럼 실제 배우들이 모션 캡처 촬영 중 함께 상호작용하며 상대역으로 연기하는 과정을 필요로 한다. 예를 들어 두 배우가 서로 시선을 마주하고 상대방의 대사에 즉각적으로 반응함으로써 역할의 감정과 의도가 명확하게 전달될 수 있어야 한다. 더욱이 모션 캡처 촬영에서는 최종적으로 완성된 캐릭터를 가능해서 연기를 수행해야 되기 때문에 때로는 주도적으로 때로는 가상의 창조 캐릭터를 감안하여 협동적으로 역할을 수행해내야 한다[16].

3. 페이스얼 캡처 (facial Capture): 마커리스 페이스얼 캡처

페이스얼 캡처(facial Capture)는 연기자의 얼굴 움직임을 3D 공간에서 측정하여, 그것을 캡처하거나 데이터화 시키는 것을 말한다[17]. 일반적인 페이스얼 캡처용 페이스얼 리깅을 위한 방법은 배우의 얼굴에 마커를 붙이고 난 후 페이스얼 캡처를 통해 마커 위치의 동작 데이터들을 얻고, 그 데이터들을 페이스얼 리깅 조인트(joint)에 연결하여 애니메이션 되도록 하여 표정의 변화를 만들게 된다. 이 경우, 스킨 클러스터 (skin cluster)의 디포메이션(deformation)을 이용해서 얼굴의 표정을 만든다[18]. 하지만 대부분의 경우 스킨 클러스터로 만들어지는 디포메이션으로 정확한 표정을 만들어 내기가 어려운 것이 사실이다.

따라서 이 문제를 해결하기 위해 마야 소프트웨어의 블렌드 셰입(Blend Shape)을 이용해서 디테일한 표정을 추가로 제작하고 디포메이션에 일치하는 블렌드 셰입을 리깅에 적용시켜 관객이 원하는 표정을 구현할 수 있도록 하는 방법이 영화 <몬스터하우스> 이후 많이 사용되고 있다. 하지만 이 방법은 일단 페이스얼 캡처와 모션 캡처가 촬영된 후에 수정하는 방식으로 모션 캡처의 강점 분야 중 하나인 실시간 콘텐츠(실시간 방

송, 게임, VR, 버추얼 스튜디오)에는 사용하기 힘들다. 또한 앞의 방법은 스킨링 된 캐릭터의 디포메이션 위에 다른 형태의 레이어(layer)를 따로 제작하여 추가하는 방식이기 때문에 추가 작업 후에 감독이나 제작자의 수정 요구가 발생할 경우 제작 공정을 거슬러 올라가서 모델링 단계의 작업이 요구되게 되고 리깅 아티스트들은 이를 다시 추가해 리깅 작업을 해주어야 한다[19].

이렇듯 기존에는 눈, 코, 입, 귀, 볼, 이마 등 얼굴의 주요 부위에 마킹 포인트를 찍어 이것을 포착하는 카메라로 페이스얼 캡처를 하는 것이 일반적인 모습이었으나, 최근에는 영상 인식 기술이 좋아지고 카메라 하드웨어도 발전함에 따라 마킹 포인트 없이도 페이스얼 캡처가 가능한, 즉 ‘마커리스 페이스얼 캡처(markerless facial capture)’가 가능해졌다[20]. 마커리스 페이스얼 캡처는 일반 웹캠의 카메라로도 가능하며 특히 애플 iOS에서 제공되는 AR용 SDK(Software Development Kit)인 ‘AR Kit’를 이용하면 아이폰 X 이상의 기기에서 얼굴 추적 기능을 간편히 이용할 수 있다[21]. 페이스얼 캡처의 데이터를 원활히 모델링에 적용해주는 애플리케이션과 프로그램들도 존재하는데, ‘홀로테크 스튜디오(Holotech Studios)’에서 개발한 ‘페이스리그(Facerig)’ 프로그램과 ‘에픽게임즈(Epic games)’에서 무료로 배포 중인 ‘라이브 링크 페이스(Live link face)’ 애플리케이션이 이에 해당한다[22].

본 연구는 실제 배우의 외형적 특징과 자연스러운 표정을 투영해내기 위해 ‘마커리스 페이스얼 캡처’ 기술을 적용하였다. ‘마커리스 페이스얼 캡처’는 ‘페이스얼 리깅’보다 정확도는 떨어질 수 있다. 하지만 마커리스 페이스얼 캡처 기술은 배우의 실제 얼굴 움직임을 감지하고, 이를 가상 캐릭터에 자연스럽게 반영하는 역할을 한다. 이를 통해 배우는 자신의 실제 얼굴 표정을 가상 캐릭터로 전달할 수 있어, 더욱 생생하고 현실적인 공연을 선보일 수 있다. 관객의 입장에서도 배우의 실제 표정을 아바타를 통해 섬세하게 감지하고 이해할 수 있기 때문에 공연에 대한 몰입도가 상승할 수 있다. 또한 이 기술은 마커를 부착할 필요가 없어 배우가 보다 자유롭게 얼굴을 움직일 수 있다는 점도 안정적인 연기를 구사하는 것에 도움을 준다.

종합적으로 ‘페이스얼 캡처’는 얼굴에 마킹 포인트를 찍어 정확성과 일관성을 제공하며 복잡한 표정이나 빠

른 움직임을 캡처할 때 유용하게 사용되고 ‘마커리스 페이스 캡처’는 자연스러움과 사용 편의성이 뛰어나 다양한 분야에 응용이 가능하다. ‘마커리스 페이스 캡처’는 자연스러운 얼굴 근육과 표정을 구현할 수 있기 때문에 관객에게 더욱 생동감 있고 현실과 유사한 공연 경험을 제공한다. 페이스 캡처에 비해 정확도가 다소 떨어지는 단점은 모프타겟을 적용하여 보완할 수 있다.

넓게 보아 마커리스 페이스 캡처 기술은 공연의 창의성과 예술적 표현력을 확장시킬 수 있다. 배우는 자신의 얼굴 표정과 동작을 가상 캐릭터에 반영함으로써, 공연의 특정 분위기나 감정을 더욱 풍부하게 표현할 수 있다. 이를 통해 다양한 예술 형식과 창작 활동을 자유롭게 시도하고 실험할 수 있으며 독특한 공연을 선보일 수 있다. 이러한 기술의 발전은 메타버스 공연의 향상된 품질과 형식을 가능케 하며, 예술과 문화를 더욱 다양하고 풍부하게 즐길 수 있는 기회를 제공한다.

4. 모프타겟(Morph Target): 표정 변화의 구현

모프타겟(Morph Target)은 컴퓨터 그래픽 및 애니메이션 분야에서 사용되는 기법 중 하나로 3D 모델을 다양한 형태로 변형시키기 위해 개발된 기술이다. 이 기술은 특히 애니메이션에서 주로 활용되며, 캐릭터가 다채롭고 자연스러운 표정을 표현할 수 있게 해준다.

모프타겟은 기본 3D 모델에서 시작하여 특정한 표정 ‘미소’, ‘짙그린 얼굴’, ‘눈 감음’등과 같은 여러 표정을 자연스럽게 변화할 수 있게 해주어 캐릭터의 생동감을 높여준다. 각 타겟 모델은 기본 모델과 동일한 구조를 가지고 있지만 정점의 위치가 변형되어 있다. 이 정점들이 기본 모델에서 변형된 타겟 모델로 이동하여 캐릭터의 표정이나 형태가 자연스럽게 변형되는 것이다. 이러한 변형은 세밀한 제어가 가능하여 캐릭터의 미세한 표정 변화까지도 구현이 가능하다.

모프타겟 기술은 애니메이션 외에도 다양한 분야에서 활용된다. 예를 들어 게임 캐릭터의 커스터마이징, 영화 및 애니메이션의 사실감 부여, VR 환경에서의 캐릭터 개성 등을 보다 풍부하게 표현할 수 있게 해주어 사용자의 몰입도를 향상시켜준다.

이렇게 모프타겟이 기본 3D 모델에서 변형된 타겟 모델의 표정으로 자연스럽게 구현할 수 있는 이유는

키프레임(Keyframes)을 통해 구체화되기 때문이다. 키프레임은 애니메이션의 특정 순간에 모델의 상태를 정의하는데, 시작 지점에서는 기본 모델, 끝 지점에서는 변형된 타겟 모델이 적용된다. 이 과정에서 중간 프레임들은 보간된 정점 위치에 따라 설정되어 전체적으로 애니메이션이 자연스럽게 이어지도록 도와준다. 이를 통해 다양한 표정이나 형태의 전환이 가능해지며, 복잡한 감정 표현도 효과적으로 구현이 가능하다.



그림 1. 3D 모델링 스캔을 통해 생성된 모프타겟
Figure 1. Morphtarget created through 3D modeling scan

III. 표정연기 개선을 위한 모프타겟

제작 및 적용

비언어 커뮤니케이션 중 특히 표정 연구 분야의 세계적인 석학인 폴 에크먼은 인간의 기본감정에 대해 놀람, 두려움, 혐오, 분노, 행복, 슬픔의 여섯 가지로 구분했는데, 이는 30년간 학자와 연구자들이 얼굴 표정과 관련된 감정 단어를 연구한 끝에 얻어낸 보편적 결과라고 설명한다[23]. 따라서 정서와 얼굴 근육 간에는 신경회로에 대한 연결이 존재한다고 주장하였다. 즉 어떤 정서를 체험할 때 자동적으로 그 정서에 상응하는 얼굴 근육이 움직여서 특정한 얼굴 표정이 생성되어진다고 하였다[24].

하지만 표정과 연결된 보편적인 정서 전달에 대한 이해가 없이는 적합한 표정을 구현하는 것이 어렵다. 그러므로 정서와 연결된 표정에 대한 분석과 연구는 표정을 내적 상태에 근거하여 생성하는 것에 적잖은 기여가 가능할 것이다. 표정은 복잡하고 미세한 얼굴 근육의 움직임에 의해 표면화된다. 이러한 표정을 정의하기 위해서는 우선 복잡한 얼굴 움직임을 체계적이고 쉽게 정리할 수 있는 방법이 필요하다[25].

얼굴 표정을 체계적으로 부호화하고 각 감정 표현

을 연결하는 작업들은 상당 부분 진행되고 있다. 대표적으로 FACS(Facial Action Coding System)는 폴 에크먼과 윌리스 프리젠에 의해 1976년 제안된 얼굴 표정 분석 기법이다. FACS에 제시된 결과들은 얼굴 근육의 움직임에 기반을 두고 있으며 얼굴 근육의 수축, 이완의 결과로 나타나는 얼굴 표정에 대하여 더 이상 작게 분해 될 수 없는 가장 기본적인 동작 단위인 46개의 AU(Action Unit)로 분류하였다[26].

표 1. 얼굴 동작 코딩 시스템의 동작 단위[27]
Table 1. Action Units in the Facial Action Coding System

AU	Descriptor	AU	Descriptor	AU	Descriptor
1	Inner Brow Raiser	2	Outer Brow Raiser	4	Brow Lowerer
5	Upper Lid Raiser	6	Cheek Raiser	7	Lid Tightener
8	Lips Towards Each Other	9	Nose Wrinkler	10	Upper Lip Raiser
11	Nasolabial Deepener	12	Lip Corner Puller	13	Cheek Puffer
14	Dimpler	15	Lip Corner Depressor	16	Lower Lip Depressor
17	Chin Raiser	18	Lip puckerer	19	Tongue Out
20	Lip Stretcher	21	Neck Tightener	22	Lip Funneler
23	Lip Tightener	24	Lip Pressor	25	Lips Part
26	Jaw Drop	27	Mouth Stretch	28	Lip Suck
29	Jaw Thrust	30	Jaw Sideways	31	Jaw Clencher
32	lip Bite	33	Cheek Blow	34	Cheek Puff
35	Cheek Suck	36	Tongue Bulge	37	Lip Wipe
38	Nostril Dilator	39	Nostril Compressor	40	Eyes Normally Open
41	Lip Droop	42	Slit	43	Eyes Closure
44	Squint	45	Blink	46	Wink

FACS의 기반 감정 AU는 얼굴 근육 움직임과 관련하여 세밀한 관찰을 통해 AU 숫자로 코딩한 얼굴 표정 분석을 의미한다. 이는 다소 복잡하고 다양한 표정들을 체계적으로 부호화하여 데이터화 하였을 때 높은 정확성을 보여주는 장점이 있다. 따라서 본 연구진은 얼굴 표정을 정확하게 데이터화 하기 위해 FACS의 기반 감정 AU를 바탕으로 3D 모델링 스캔을 통해 모프타겟을 제작하였다. 그 결과는 다음과 같다.



그림 2. AU를 기반으로 제작한 디지털 액터 모프타겟
Figure 2. Digital Actor MorphTarget based on AU

FACS는 육안으로 식별이 가능한 모든 얼굴의 움직임

임을 포함한다. 배우는 얼굴 표정을 통해 감정을 전달 하곤 한다. 표정은 감정과 의사를 전달하는 가장 강력하고 자연스러운 수단 중 하나이다. 얼굴은 말보다 더 빠르게 감정을 드러내며, 입술, 눈, 눈썹 등의 다양한 부위를 통해 각양각색의 감정이 표현된다. 예를 들어 행복할 때 입꼬리가 올라가거나 슬플 때 입술 끝이 아래로 내려가는 등의 미세한 얼굴 변화가 감정 표현을 전달한다. FACS를 활용한 모프타겟 제작은 이렇듯 미세한 얼굴 움직임에 대해 더욱 정확하게 인식할 수 있게끔 돕고 세밀한 분석을 가능케 해준다.

아바타의 얼굴 표정을 구현하기 위해서는 얼굴 표정 근육의 움직임을 이해하는 것이 중요할 것이다. 표정 근육이란 얼굴의 피부 아래에 위치하며, 안면 신경으로 인해 수축과 이완을 통해 움직이는 근육을 의미한다. 인간의 얼굴은 좌우를 합쳐 총 44개의 근육으로 구성되어 있으며, 이 근육들의 수축과 이완이 얼굴의 기본적인 표정을 형성한다[28]. 인간의 얼굴 근육의 대부분은 뼈에 붙어있지만 일부는 근육은 피부에 연결되어 있다. 얼굴의 모든 근육 움직임을 각 근육의 운동 방향에 따라 선형근육, 원형근육, 평형근육으로 구분하였다. 선형근육은 전반적인 얼굴의 움직임에 대하여 작용하는 근육으로 한 지점을 중심으로 일련의 근육들이 그 지점을 향해 사선으로 움직인다. 평형근육은 이마와 같이 평편한 부분에 구성된 근육이다. 원형근육은 입이나 눈 주변을 구성하는 근육으로 가장 복잡한 근육운동을 한다 [28]. 이러한 얼굴 근육에 대한 이론을 기반으로 실제 배우의 고유한 특징을 파악하고, 3D 모델링 스캔을 통해 디지털 액터의 표정을 자연스럽게 반영한 모프타겟 제작 과정은 제시해 보면 다음과 같다.

1단계: 실제 배우의 표정 및 얼굴 특징 분석

실제 배우의 표정과 얼굴 특징을 자세히 분석하여 모프타겟에 반영할 핵심 포인트를 정한다. 이 과정에서는 배우의 고유한 표정 스타일과 얼굴 특징을 파악하여 디지털 액터에게 반영할 기준을 설정한다.

2단계: 실제 배우 얼굴 3D 모델링 스캔

배우의 얼굴을 3D 스캐너를 사용해서 정확하게 스캔하여 모델링한다. 이를 통해 디지털 액터 모델의 기반이 되는 3D 모델 데이터를 얻는다. 스캔 된 데이터는 고해상도로 세밀한 표정과 얼굴 특징을 담고 있어

모프타겟 제작에 필요한 기반이 된다.

3단계: 모프타겟 제작

스캔 된 3D 데이터를 기반으로 배우의 표정과 얼굴 특징을 자연스럽게 반영한 모프타겟을 제작한다. 이 단계에서는 3D 애니메이션 소프트웨어를 사용하여 아바타의 형태를 조정하고, 표정을 정교하게 만든다. 이때 배우의 실제 표정과의 일치도를 고려하여 모프타겟을 조정하고 완성도를 높인다.

4단계: 테스트 및 조정

제작된 모프타겟을 테스트하고 배우의 실제 표정과 일치도를 확인한다. 이 단계에서는 3D 애니메이션 소프트웨어를 사용하여 모프타겟을 적용한 아바타의 표정을 확인하고, 필요한 경우 디지털 액터의 표정을 조정하거나 추가 작업을 수행한다. 이를 통해 아바타의 표정이 실제 배우의 표정과 최대한 일치하도록 조정한다.

5단계: 애니메이션에 적용

완성된 모프타겟을 애니메이션 소프트웨어에 적용하여 디지털 액터의 표정에 자연스럽게 반영한다. 이를 통해 아바타가 배우의 움직임과 표정을 정확하게 재현할 수 있다. 디지털 액터의 표정은 애니메이션 작업에서 핵심 요소이며, 실제 배우의 연기력과 표정을 최대한 생생하게 반영하여 작품에 몰입감을 높인다.

본 연구진은 위와 같은 모프타겟 제작과정을 통해 디지털 액터의 다양한 표정을 데이터화하였다. 향후 후속 연구를 통해 메타버스 공연에 출연하는 디지털 액터에 실제 배우의 외형적 특성을 반영하고 자연스러운 표정을 구현하는 것을 실증할 예정이다.

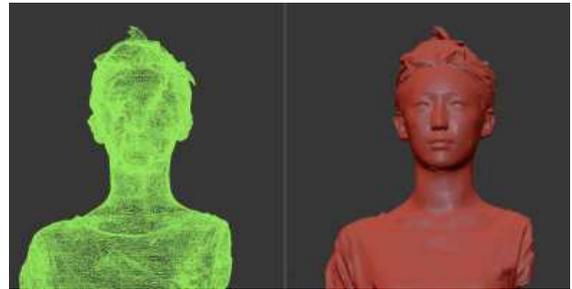


그림 3. 모프타겟이 3D 스캔을 통해 생성되는 과정
Figure 3. The process by which morph targets are created through 3D scanning

IV. 결 론

본 연구는 실제 배우의 표정을 스캔하여 모프타겟으로 제작한 후, 페이스 캡처 기술을 활용하여 아바타에 적용하는 방법을 제안하였다. 본 연구의 핵심은 디지털 액터의 표정연기 개선과 페이스 캡처 기술을 기반으로 실제 배우의 고유한 특징과 매력을 아바타에 투영하는 방법을 찾는 것이다. 연구 결과로써 예상되는 주요 효과는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 디지털 액터의 자연스러운 표정연기의 구현이다. 페이스 캡처 기술을 활용해 실제 배우의 감정과 표정을 정확하게 아바타에 반영함으로써, 보다 현실적이고 자연스러운 감정 전달이 가능해져 관객과의 상호작용이 더욱 생동감 있게 이루어질 수 있다.

둘째, 실제 배우의 개성과 특징의 전달이다. 각 배우는 고유한 개성과 특징을 지니고 있으며, 이러한 요소들은 주로 표정에서 나타난다. 이를 아바타에 반영함으로써, 배우의 독특한 개성을 더욱 명확하게 전달할 수 있다. 이로 인해 관객은 메타버스 공연에서 아바타들을 구별할 수 있게 되며, 더욱 흥미로운 공연 경험을 제공 받게 될 것이다.

궁극적으로 본 연구를 통하여 실제 배우가 연기하는 감정과 표정이 모프타겟을 통해 아바타에게 반영되면, 실제 배우의 감정이 아바타를 통해 더욱 명확하게 전달되므로, 공연을 관람하는 관객의 몰입도를 높일 수 있다. 이를 통하여 기존의 메타버스 공연에서 디지털 액터의 표정연기가 가진 한계를 점진적으로 극복하고, 관객에게 보다 나은 공연 관람을 제공할 수 있기를 바라마지 않는다.

References

- [1] S. H. Moon, "The impact of metaverse development and application on industry and society," *The Journal of the Convergence on Culture Technology (JCCT)*, vol. 8, no. 3, pp. 515-520, 2022.
- [2] S. Lee and Y. Oh, "Study on virtual reality and e-commerce," *The International Journal of Advanced Culture Technology*, vol. 4, no. 4, pp. 70-74, 2016.
- [3] K. Y. Kim, "Nursing in the modern world," *Nurse News*, Aug. 26, 2024. [Online]. Available: <http://m.nursenews.co.kr/page/ArticleDetailView.asp?sSection=61&idx=29132>. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [4] <https://www.etnews.com/201202080034>
- [5] S. K. Choi, "A study on expression of C. G. character using performance capture," *The Korean Society of Science & Art*, vol. 16, pp. 479-479, 2014, doi: 10.17548/ksaf.2014.06.16.479.
- [6] "DnA(Digital and Actor) Project," Capstone Design Project, [Online]. Available: [https://capstone.uos.ac.kr/cdc/index.php/DnA\(Digital_and_Actor\)%EC%A1%B0](https://capstone.uos.ac.kr/cdc/index.php/DnA(Digital_and_Actor)%EC%A1%B0). [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [7] "Media Issue Trend Vol.50 - Key Issues in the 2023 Media Market," Korea Communications Agency, [Online]. Available: https://www.kca.kr/Media_Issue_Trend/vol50/sub01_02.html. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [8] "Title of the Document," IITP, [Online]. Available: https://www.iitp.kr/kr/1/knowledge/organScrapView.it?masterCode=publication&searchCode=K_OGS_01&identifier=02-004-111104-000020. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [9] "Title of the Document," IITP, [Online]. Available: https://www.iitp.kr/kr/1/knowledge/organScrapView.it?masterCode=publication&searchCode=K_OGS_01&identifier=02-004-111104-000020. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [10] "Media Issue Trend Vol.50 - Key Issues in the 2023 Media Market," Korea Communications Agency, [Online]. Available: https://www.kca.kr/Media_Issue_Trend/vol50/sub01_02.html. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [11] "Media Issue Trend Vol.50 - Key Issues in the 2023 Media Market," Korea Communications Agency, [Online]. Available: https://www.kca.kr/Media_Issue_Trend/vol50/sub01_02.html. [Accessed: Aug. 26, 2024].
- [12] S. D. Chough, "An investigation into the art of 'digital acting' within the motion capture process," *PREVIEW: The Korean Journal of Digital Moving Image*, vol. 6, no. 2, pp. 167-189, 2009.
- [13] S. D. Chough, "An investigation into the art of 'digital acting' within the motion capture process," *PREVIEW: The Korean Journal of Digital Moving Image*, vol. 6, no. 2, pp. 167-189, 2009.
- [14] H. Park, "Digital acting method," *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 18, no. 11, pp. 205-212, 2018.
- [15] H. Park, "Digital acting method," *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 18, no. 11, pp. 205-212, 2018.
- [16] H. Park, "Digital acting method," *Journal of the Korea Contents Association*, vol. 18, no. 11, pp. 205-212, 2018.
- [17] W. Bangchi, "Study on the application expression of real-time face capture system," M.S. thesis, Dept. Design & IT, Dongseo University, Busan, South Korea, Feb. 2010.
- [18] Y. Y. He and C. Y. Choi, "A study of character facial rigging method using PSD," *Cartoon and Animation Studies*, pp. 147-170, 2019, doi: 10.7230/KOSCAS.2019.55.147.
- [19] Y. Y. He and C. Y. Choi, "A study of character facial rigging method using PSD," *Cartoon and Animation Studies*, pp. 147-170, 2019, doi: 10.7230/KOSCAS.2019.55.147.
- [20] J. H. Oh, "Realization of a virtual celebrity system using real-time motion capture: Focusing on virtual YouTubers," M.S. thesis, Soongsil University, Seoul, South Korea, 2019.
- [21] J. H. Oh, "Realization of a virtual celebrity system using real-time motion capture: Focusing on virtual YouTubers," M.S. thesis, Soongsil University, Seoul, South Korea, 2019.
- [22] M. J. Kang, "Report on the production of a virtual puppet character in real time using VR and facial capture equipment: Focusing on the <Ssoyagi> production process," M.S. thesis, Chung-Ang University, Seoul, South Korea, 2022.
- [23] M. Kim, "A study on the facial expressions and the gestures of emotion for the character animation I - Focusing on the facial expressions and the gestures of happiness and sadness," *The Korean Journal*

- of Animation, vol. 11, no. 4, pp. 23-42, 2015.
- [24] H. Y. Go, "Expression of basic emotions through analysis of character expressions in animation," Journal of the Korean Entertainment Industry Association, vol. 1, no. 1, pp.
- [25] D. Y. Lee, "Emotion recognition and expressions by micro expression: Based on virtual character in animation," Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Seoul, South Korea, 2013.
- [26] D. Y. Lee, "Emotion recognition and expressions by micro expression: Based on virtual character in animation," Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Seoul, South Korea, 2013.
- [27] D. Gökçay and G. Yildirim, "Affective computing and interaction: Psychological, cognitive, and neuroscientific perspectives," 2011.
- [28] D. Y. Lee, "Emotion recognition and expressions by micro expression: Based on virtual character in animation," Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Seoul, South Korea, 2013.
- [28] D. Y. Lee, "Emotion recognition and expressions by micro expression: Based on virtual character in animation," Ph.D. dissertation, Sangmyung University, Seoul, South Korea, 2013.

※ 본 연구는 문화체육관광부 및 한국콘텐츠진흥원의 2023년도 문화기술 연구개발 사업으로 수행되었음
과제번호: RS-2023-00224524