

포토그래메트리 기반 페이스 캡처를 통한 버추얼 휴먼 제작 및 활용

길운¹, 강해도¹, 저우자니¹, 조성훈¹, 윤태수^{2*}

¹동서대학교 Film&Visual Effect학과, ²동서대학교 게임학과

Creating and Utilization of Virtual Human via Facial Capturing based on Photogrammetry

Ji Yun¹, Haitao Jiang¹, Zhou Jiani¹, Sunghoon Cho¹, Tae Soo Yun^{2*}

¹Department of Film&Visual Effect, Dongseo University

²Department of Game, Dongseo University

요약 최근 들어 인공지능, 컴퓨터 그래픽기술이 진화하면서 영화, 광고, 방송, 게임, SNS 등 여러매체를 통해 다양한 가상휴먼이 등장하고 있다. 특히, 가상인플루언서를 중심으로 한 광고 마케팅 시장에서 가상휴먼은 시간과 비용 측면에서 기업의 중요한 홍보수단으로 이미 중요성이 입증된 상태이다. 국내는 가상 인플루언서 시장의 태동기 단계로 대기업 및 스타트업 경계없이 가상인플루언서 관련 신규 서비스를 출시 준비를 하고자 하나, 그 개발 프로세스가 공개되어 있지 않아 많은 비용을 지불해야 하는 상황이다. 이런 기업의 요구사항과 애로사항을 해결하기 위해 본 논문에서는 실사기반의 가상휴먼을 제작하기 위한 포토그래메트리 기반 페이스 캡처 시스템을 구현하고, 이를 활용한 가상휴먼 모델링 및 활용사례에 대하여 고찰한다. 페이스 캡처 후 실제 애니메이션이 가능한 과정까지의 복잡한 CG 작업 단계를 간소화할 수 있는 언리얼엔진기반의 메타휴먼 모델링을 통해 비용과 품질면에서 최적의 워크플로우에 대해서도 고찰하고, 또한 인스타그램 등 SNS마케팅에 활용한 사례에 대해서도 소개한다. 언리얼엔진기반의 워크플로우를 통해 기존의 CG작업과의 비교를 통해 제안한 워크플로우의 성능을 입증한다.

• 주제어 : 가상휴먼, 포토그래메트리, 메타휴먼, 페이스모델링, 가상인플루언서

Abstract Recently, advancements in artificial intelligence and computer graphics technology have led to the emergence of various virtual humans across multiple media such as movies, advertisements, broadcasts, games, and social networking services (SNS). In particular, in the advertising marketing sector centered around virtual influencers, virtual humans have already proven to be an important promotional tool for businesses in terms of time and cost efficiency. In Korea, the virtual influencer market is in its nascent stage, and both large corporations and startups are preparing to launch new services related to virtual influencers without clear boundaries. However, due to the lack of public disclosure of the development process, they face the situation of having to incur significant expenses. To address these requirements and challenges faced by businesses, this paper implements a photogrammetry-based facial capture system for creating realistic virtual humans and explores the use of these models and their application cases. The paper also examines an optimal workflow in terms of cost and quality through MetaHuman modeling based on Unreal Engine, which simplifies the complex CG work steps from facial capture to the actual animation process. Additionally, the paper introduces cases where virtual humans have been utilized in SNS marketing, such as on Instagram, and demonstrates the performance of the proposed workflow by comparing it with traditional CG work through an Unreal Engine-based workflow.

• Key Words : Virtual Human, Photometry, MetaHuman, Facial Modeling, Virtual Influencer

Received 25 March 2024, Revised 25 June 2024, Accepted 30 June 2024

* Corresponding Author Tae Soo Yun, Department of Game, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.
E-mail: yntaesoo@gmail.com

I. 서론

현 디지털 시대에 인공지능과 컴퓨터 그래픽스 기술의 급속한 발전은 영화, 광고, 방송, 게임, 소셜 미디어 등 다양한 분야에 디지털캐릭터를 활용한 연구가 진행되고 있다[1]. 특히, 가상인플루언서를 중심으로 한 광고 마케팅 시장에서 가상휴먼은 시간과 비용 측면에서 기업의 중요한 홍보 수단으로 이미 중요성이 입증된 상태이다

‘이저저 리서치’ (Emergen Research)에 따르면 디지털휴먼 아바타 시장 규모는 2030년에 약 5,275억 달러에 달할 것으로 전망된다[2]. 해외에서는 릴 미켈라, 이마, 슈두 등 의 가상인플루언서가 인스타그램 및 광고시장에서 활발히 활동하고 있다. 특히, 릴 미켈라현 현재 전세계적으로 가장 많은 팔로워를 보유하고 있으며, 소셜 미디어에서 큰 팬덤을 형성하고 상당한 상업적 수익을 창출함으로써, 미디어 및 엔터테인먼트 산업에서의 상업적 가능성을 입증했다.

국내에서도 다수의 유명 기업들이 이 개념을 적극적으로 도입하여 상업적으로 활용하고 있다. 삼성전자의 “인공인간” 프로젝트 NEON부터 LG전자가 MZ세대를 겨냥한 가상 모델 김래아, 그리고 SK텔레콤이 유명 e스포츠 선수 “Faker”의 디지털 이미지를 활용하기에 이르기까지, 여러 대기업들이 가상 인물을 통해 새로운 시장 기회를 모색하고 있다.

국내는 아직 가상 인플루언서 시장이 초기 단계에 있으며, 대기업과 스타트업 간의 구분 없이 새로운 가상 인플루언서 관련 서비스 출시를 준비하고 있지만, 개발 프로세스가 공개되지 않아 많은 비용이 드는 상황 있다. 그 중에서도 광고하고자 하는 컨셉에 부합하는 가상휴먼의 얼굴을 모델링하는데 기존의 CGI기법으로는 시니어급 이상이 평균 3-6개월 이상 걸리는 정도의 난이도를 가지며, 움직이는 영상이나 이미지를 재현하기 위해서는 셋업과 리깅이라는 복잡한 CGI프로세스를 거쳐야하는 문제가 있다.

이러한 기업의 요구와 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 실사 기반 가상인간 제작을 위한 포토그래메트리 기반 페이스 캡처 시스템을 구현하고, 이를 활용한 가상인간 모델링 및 활용 사례를 고찰한다. 포토그래메트리 방법은 다수의 영상 이미지를 분석하여 공간 및 물체의 정보를 얻어 3D모델을 제작할 수 있는 방법을 말한다[3]. 페이스 캡처 후 실제 애니메이션 구현까

지의 복잡한 CG 작업 단계를 간소화할 수 있는 언리얼 엔진 기반의 메타휴먼 모델링을 통해 비용과 품질 측면에서 최적의 워크플로우를 탐색하며, SNS 마케팅 등에 활용된 사례도 소개한다. 언리얼 엔진 기반 워크플로우를 통해 기존 CG 작업과 비교하여 제안된 워크플로우의 성능을 입증한다.

II. 관련연구

2.1 페이스 캡처 & 모델링 기술

가상 캐릭터의 제작은 영화, 게임 및 소셜 미디어 플랫폼에서 광범위하게 적용되고 있으며, 그에 따른 제작 요구도 증가하고 있다. 현재 VFX 회사들의 제작 과정에는 주로 두 가지 유형의 얼굴 모델링 기술이 사용된다. 사진 분석을 통해 공간 및 객체 정보를 획득하여 3D 모델을 생성하는 Photogrammetry 기술과 3D 스캔 기술이 있다. 초기의 얼굴 스캔 모델링 도구 중 하나는 Paul Debevec이 개발한 LightStage 시스템으로, 이 시스템은 얼굴 스캔 연구의 선구자 역할을 통해 많은 상업 영화 캐릭터의 얼굴 모델 생성에 기여한다[4]. Image Engine은 영화 ‘로건’ 제작에 사용되며 LightStage를 기반으로 한 ICT 시스템을 이용하여 64세트의 다양한 FACS(얼굴 동작 코딩 시스템) 표정 모델을 캡처한다. 가상현실 애플리케이션에 특화된 신개념 얼굴 동작 캡처 시스템, 이 시스템은 얼굴 근전도 그래프(fEMG)와 안구운동 그래프(EOG)를 이용하여 얼굴 표정을 캡처하며, 헤드 마운트 디스플레이를 착용한 상황에서 기존 카메라 캡처 방법의 한계를 극복한다 [5]. 또한, Hongwei Xu 팀 연구원들은 실시간 얼굴 캡처 시스템을 개발하여 표정 시뮬레이션의 현실성과 안정성을 향상시키며 다양한 조명 조건과 외부 간섭에 대응한다. 이 연구는 표준 표정, 특수 표정, 정상 음성 및 과장된 음성을 포함한 다양한 표정 데이터 세트를 사용하여 네트워크 트레이닝을 수행하였다[6]. 3D 스캔 기술 분야에서 최근 신경 렌더링 분야에서의 진보로 트레이닝 및 렌더링 속도가 크게 향상되었다. 그러나 이러한 방법들은 주로 정적 환경의 사진 측량에 적용되며, 동적 환경에서의 자유로운 움직임이 있는 인물에는 적절하지 않다. 또한 애플의 기계 학습 연구 개발 부서에서는 인체 가우스 스팟 (HUGS)을 도입하여 3D 가우스 스팟 (3DGS)을 사용하여 움직이는 인체와 배경을 나타내었다[7]. 가상 캐릭터 제작 분야에서 언

급된 얼굴과 인체의 3D 캡처 기술은 국제적으로 선진 기술로, 고급 연구 기관이나 상용 회사에서 주로 보유하고 있다. 그러나 일반 사용자와 중소기업들에게는 연구 개발 자금 및 기술 인력의 제한으로 인해 디지털 캐릭터 분야로 진입하는 것은 여전히 어려움이 따른다.

III. 가상휴먼 제작 및 활용

3.1 가상휴먼 제작 워크플로우

본 장에서는 포토그래메트리 기반 페이스 캡처를 통한 가상휴먼의 제작 및 활용을 위한 전체 워크플로우를 설명한다. Fig. 1에 이를 위한 전체 워크플로우를 나타낸다. 이 프로세스는 정적 이미지 시퀀스 수집부터 응용 플랫폼까지의 전과정과 기술을 보여준다. 첫 번째 단계에서는 3D 얼굴 캡처 시스템을 개발하였으며, 후속 응용 시나리오와 기존 프로세스의 장단점을 종합적으로 고려한다.

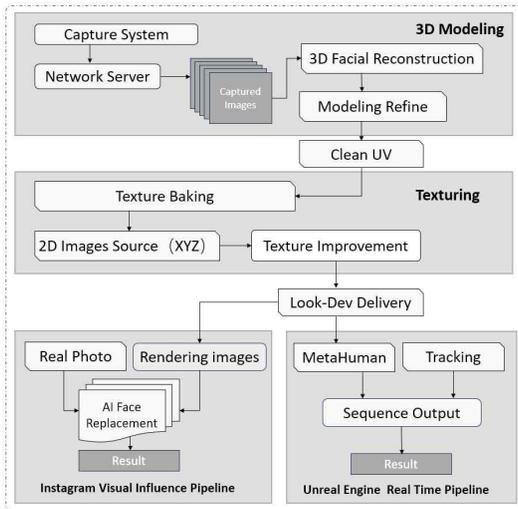


Fig. 1. The overall workflow of making and utilizing a virtual human

이 시스템은 2초 안에 정확하게 인물의 얼굴을 캡처하고 데이터를 로컬 서버에 저장할 수 있다. 모델 재구성 단계에서는 전통적인 VFX 캐릭터 제작 프로세스와 유사한 제작 경험이 필요 하다.

이 프로세스의 최종 응용 시나리오는 두 가지 측면을 포함한다. 첫째, Instagram을 기반으로 한 가상 캐릭터 제작 및 적용으로, 우수한 모델 데이터와 AI 기술을 결합하여 실제 모델 얼굴에 가상 캐릭터를 대체하

는 기능을 구현하였다. 또한, MetaHuman을 사용한 개인화된 가상 캐릭터 제작 프로세스를 빠르게 소개하여 일반 사용자와 중소기업에 실용적인 해결책을 제공하였다.

3.2 포토그래메트리 기반 페이스 캡처 장치 설계 및 구현

고품질, 현실적인 디지털 캐릭터 자원(재질 텍스처)을 얻기 위해 본 논문에서는 사진측량에 기반한 3D 얼굴 캡처 장치와 데이터 시각화 프로그램을 개발하였다. 이 장치는 360도 파노라마 비디오를 빠르고 안정적으로 획득할 수 있다. 얼굴을 3D 스캔하기 위해 500만 화소의 카메라 모듈 40개를 장착했으며, MetaShape 소프트웨어를 사용하여 스캔 데이터를 보정, 정렬하고 추출 작업을 수행하여 불필요한 모델 폐기물을 제거하고 3D 소프트웨어 간에 호환 가능한 FBX 형식으로 출력한다. 마지막으로, Maya에서 데이터 통합 및 렌더링을 완료한다.

사진측량을 기반으로 한 캡처 장치를 구현하기 위해 고해상도 카메라와 조명 디자인이 필요하며, 일관된 질감 품질을 얻기 위해 비디오를 컴퓨터에 빠르게 전송할 수 있는 네트워크 모듈을 설계해야 한다. 또한 다른 위치와 각도에서 촬영한 사진을 모아 3D 위치 정보를 추출하고 시각화할 수 있는 소프트웨어를 개발해야 한다. Fig. 2는 본 연구에서 개발한 사진측량 기반 얼굴 캡처 장치를 보여준다.



Fig. 2. Photometry based Facial capturing apparatus

Fig. 3는 페이스 캡처 장치를 통해 촬영된 40장의 사진 정보와 메쉬 생성 프로세스 및 Refine 프로세스를 나타낸다. 주요 과정은 다음과 같다: a. 캐릭터의 다양한 각도를 포착하기 위해 40장의 사진을 촬영하고 클라우드에 저장한다. b. Metashape를 이용하여 이 40장의 사진으로 초기 모델을 생성한다. c. 씬을 정리하여 필요한 캐릭터 부분만 남기고 나머지를 정리한다. d.

최종적으로 캐릭터의 3D 모델을 생성한다.

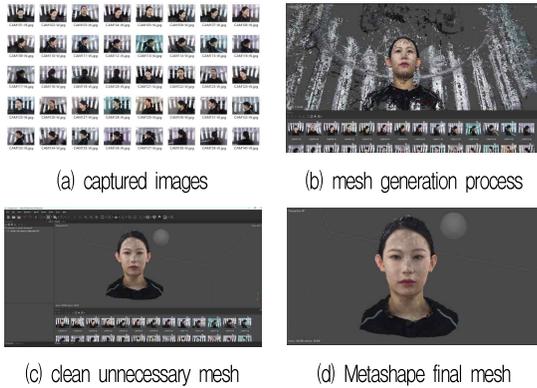


Fig. 3. Capture Data Processing

이렇게 획득한 데이터는 노이즈 제거 작업과 디지털 스컬핑 작업을 통해 더 정교한 지오메트리를 생성해야 하는데, 이는 숙련된 작업자의 처리가 필요한 부분이다. 다른 Photogrammetry 소프트웨어를 시도하여 캡처된 이미지로 모델을 생성하는 것이 가능한지 테스트해 보았다. 동일한 자료가 서로 다른 소프트웨어에서 표현되는 방식은 약간 차이가 있을 수 있지만, 기본적으로 초기 모델의 재현을 충분히 만족시키며, 이후의 세밀한 제작을 위한 정확한 모델 데이터 정보를 제공한다. 상용 소프트웨어의 가격은 다양하기 때문에, 특정 소프트웨어를 선택하여 생성하는 것은 구체적인 자금 투자 사항을 고려해야 한다. Fig. 4는 Reality Capture에서의 생성 효과와 일련의 단계를 거친 최종 모델링 데이터를 보여준다.



Fig. 4. Reality Capture Final Geometry data

3.2 페이스 모델링 & 텍스처링

초기 얼굴 데이터를 확보한 후에는 원하는 표준에 도달하기 위해 정리와 조정 작업이 필요하다. 이 과정에는 Zbrush를 사용하여 모델을 수정하여 불룩함과 구

멍을 수정하는 것이 포함된다. Fig. 5는 기본적인 수정 작업을 완료한 후에는 MetaHuman의 표준 토폴로지 구조 모델을 사용하고 Warp3D를 사용하여 스캔 모델에 매핑 한다.

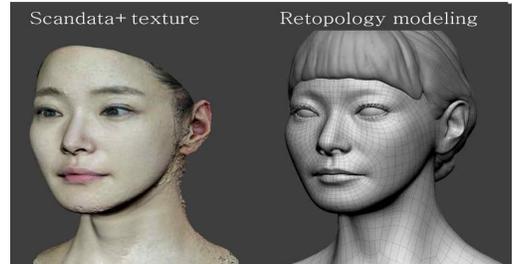


Fig. 5. Scan Geometry UV mapping

Fig. 6는 MetaHuman의 스캔 모델에는 이미 UV 펼침이 되어 있으므로 Zbrush에서 직접 얼굴 세부 사항을 섬세하게 만들 수 있으며 예를 들어 모공과 주름과 같은 세부 구조를 포함하게 된다.

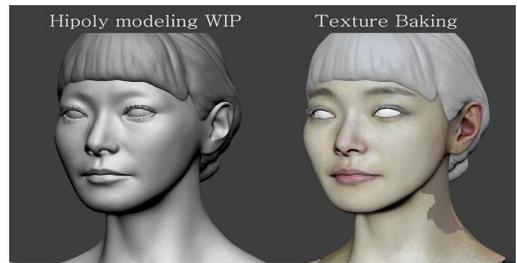


Fig.6. Modeling Refine and Texture Process

3.3 메타휴먼 기반 페이스 모델링

3차원 재구성 작업이 끝난 후, 모델을 MetaHuman의 요구에 맞게 최적화해야 한다. 스캔 모델을 Unreal Engine에 가져오고 MetaHuman을 Fig. 7는 사용하여 통합하고 편집하는 과정을 거쳐야 한다. 먼저 Unreal Engine에서 새 프로젝트를 생성하거나 기존 프로젝트에서 작업하면서, 가져오기 기능을 이용해 FBX 또는 OBJ 형식의 모델을 프로젝트에 추가한다. 이후 MetaHuman 플러그인을 설치하고 설정한다. 다음으로 Contents Browser에서 MetaHuman Identity 기능을 로드 한다. Fig. 7에서 보듯이, 이 단계에서 스캔한 모델을 MetaHuman 모델에 맞추어, 맞춤형 얼굴 매핑을 MetaHuman 모델에 매핑이 가능하다.

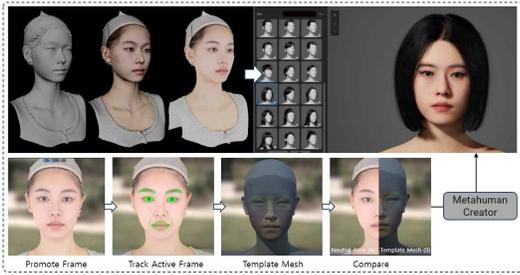


Fig. 7. Real Human to Metahuman Workflow

최적화된 3D 얼굴 모델이 MetaHuman 플랫폼에 입력되면, 플랫폼은 표정, 머리카락, 화장, 체형 등 다양한 특징을 조절할 수 있는 여러 가지 조정 사전 설정을 제공하여, 사용자가 고품질의 디지털 휴먼을 쉽게 생성하고 맞춤 설정이 가능하다.

3.4 생성형 AI 기반 휴먼 페이스 replacement

본 연구는 Instagram 등의 소셜 미디어 플랫폼에서 AI가 생성한 가상 인물 얼굴 기술을 사용하여 다양한 인간 캐릭터를 생성하고 대체하는 방법에 대해 기술하였다. 첨단 인공 지능 기술을 활용하여 디지털 이미지나 비디오에서 사람 얼굴을 대체하는 과정을 보여주었으며, 이 기술은 실제 개인의 외모를 정확히 복제할 뿐만 아니라 새로운 가상 캐릭터를 창조할 수 있습니다. 본 사례에서는 최신의 Stable Diffusion 기술을 적용하고, 사실적 스타일의 Lora 모델과 여러 ControlNet 및 이미지 확대 기술을 결합하였다. 이를 통해 실제 사진을 기반으로 다수의 가상 인물의 얼굴 오버레이를 성공적으로 생성할 수 있었다. Fig. 8에서처럼, 사실적 이미지뿐만 아니라 특정 얼굴을 스타일화된 이미지에 배치하는 시도도 하여, 본 연구 방법의 효과성과 실험 가능성을 추가로 확인하였다.

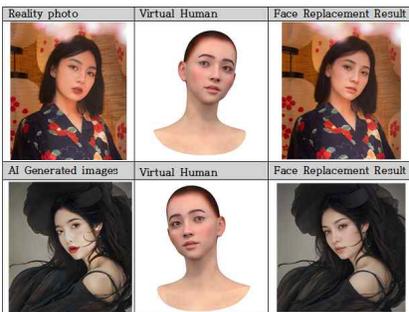


Fig. 8. Virtual Human Face Replacement

IV. 실험결과 및 분석

4.1 버추얼 휴먼 제작의 성능평가 및 분석

본 논문에서 구현한 포토그래메트리 기반 페이스 캡처 장치는 총 40대의 500만 화소의 모듈카메라와 18개의 LED 조명, 라즈베리파이 CSI 보드 40대, 24포트 스위칭 허브로 구성되었으며, 장치의 크기는 높이가 1.8m, 너비 1m의 크기로 사람이 내부로 진입하여 얼굴을 촬영할 수 있는 규모로 구현하였다. 촬영속도는 약 2-3초 이내의 촬영시간을 가지고, 촬영된 이미지 데이터의 3D화 작업은 AGISoft사의 MetaShape를 이용하여 구현하였다.

모델링의 품질을 평가하는 것은 종료기준을 설정하기가 어려운 면이 있으므로, 본 논문에서는 시니어급 아티스트가 CGI기반으로 작업했을 때와 제한한 방법으로 작업했을 때의 소요되는 시간을 기준으로 제안된 시스템의 유용성을 검증하고자 하였으며 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Comparison of Production Methods

Item	CGI	Proposed Method
Facial Modeling	MAYA,Zbrush ,48h	Facial Capture,24h
Realistic Texture	Mari, Substance , 48h	Baking from Capture and refine 1h
Meta Human Setup&Rigging	Unreal Engine ,48h	Meta Human Creator 15min
Face Replacement	Photoshop,5h	Stable-Diffusion 15min

V. 결론 및 향후 개선 방향

본 논문에서는 가상휴먼 제작의 효율성을 높이기 위해 포토그래메트리 기반 페이스 캡처를 통한 가상휴먼 제작과 활용을 위한 워크플로우를 제안하였다. 먼저 실사기반의 가상휴먼을 제작하기 위한 포토그래메트리 기반 페이스 캡처 시스템을 구현하고, 이를 활용한 다수의 영상이미지를 정합하여 3D 지오메트리를 생성하고, 잡음 제거 등 후처리를 통해 최종 3D모델링 얼굴을 생성하였다. 가상휴먼의 가장 어렵고 시간이 많이 소요되는 셋업과 리깅작업의 효율성을 위해 언리얼엔진기반의 메타휴먼 매핑을 통해 비용과 품질면에서 최

적의 워크플로우에 대해서도 고찰하였다. 또한 인스타그램 등 SNS마케팅 활용을 위한 다양한 표정영상을 만들기 위해 생성형 AI기반 페이스 전환방법에 대해서도 상세히 고찰하였다.

본 논문에서 제안한 워크플로를 통해 버추얼휴먼을 제작하고자 하는 아티스트나 기업에서 활용할 수 있을을 기존의 CG작업과의 비교를 통해 제안한 워크플로우의 성능을 입증하였다.

향후에는 제작된 가상휴먼에 ChatGPT 등의 LLM모델의 학습을 통해 지능을 부여하여 사용자 혹은 고객과의 자연스런 대화가 가능한 시스템을 구현하기 위한 딥러닝기반 학습과 자연스러운 움직임 구현을 위한 Cloth, Hair 시뮬레이션에 대한 기술을 추가로 연구하고자 한다.

REFERENCES

- [1] H. Jiang, "A Study on Real-Time Graphic Workflow for Achieving The Photorealistic Virtual Influencer", Journal of advanced smart convergence, Vol. 12, no.1, pp130-139, 2023
- [2] Digital Human Avatar Market By Product, By Industry Vertical, and By Region Forecast to 2030, <https://www.emergenresearch.com/industry-report/digital-human-avatar-market>.
- [3] W. Linder, Digital Photogrammetry: Theory and Applications, Spring Science & Bussiness Media, 2013.
- [4] P. Debevec, "Acquiring the Reflectance Field of a Human Face", In Proceedings of the 27th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pp145-156, 2000.
- [5] C.H. Kim, "Facial Motion Capture System Based on Facial Electromyogram and Electrooculogram for Immersive Social Virtual Reality Applications", Sensors, Vol 23, no.7, 2023.
- [6] H.W. Xu, "High-Quality Real Time Facial Capture Based on Single Camera", arXiv, 2021.
- [7] M. Kocabas, "HUGS: Human Gaussian Splats", arXiv, 2023.

저자소개

길 윤 (Ji Yun)



2018년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(공학석사)
2021년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(박사수료)
2019년 9월~현재 : 동서대학교
Film&VFX학과 교수
관심분야 : 영화제작, Look-Dev

강 해 도 (Haitao Jiang)



2018년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(공학석사)
2022년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(공학박사)
2019년 9월~현재 : 동서대학교
Film&VFX학과 교수
관심분야 : 캐릭터모델링, 게임

저 우 자 니 (Zhou Jiani)



2018년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(공학석사)
2022년 2월 : 동서대학교
영상콘텐츠학과(공학박사)
2019년 9월~현재 : 동서대학교
Film&VFX학과 교수
관심분야 : VFX, 인공지능

조 성 훈 (Sunghoon Cho)



1996년 2월 : 호서대학교
컴퓨터공학과(공학사)
2001년 2월 : Academy of Art
University, Motion Picture and
Television(MFA)
2019년 9월~현재 : 동서대학교
Film&VFX학과 교수
관심분야 : 영화제작, 스토리텔링

윤 태 수 (Tae Soo Yun)



1993년 2월 : 경북대학교
컴퓨터공학(공학석사)
2001년 2월 : 경북대학교
컴퓨터공학(공학박사)
2001년 2월~현재 : 동서대학교
게임학과 교수
관심분야 : 게임, VR-AR, 인공지능