

과제 소개

사실적 움직임 생성·재현이 가능한 디지털 휴먼 기술

서영호 / 광운대학교 전자재료공학과 교수, 오모션 CTO

요약

최근 생성형 AI 기술의 발전과 함께 디지털 휴먼 기술은 콘텐츠 산업, 방송, 영화, 광고, 교육, 의료 등 다양한 산업에서 핵심 기술로 부상하고 있다. 그러나 현재 디지털 휴먼 기술은 표정 및 움직임의 부자연스러움, 제작 비용의 증가, 제작 시간의 장기화 등의 문제로 인해 실제 산업 현장에서 활용하는 데 한계가 존재한다. 본 연구개발 과제는 이러한 문제를 해결하기 위해 해부학적 구조와 물리 기반 움직임을 반영한 극사실적 디지털 휴먼 생성 기술을 개발하고, 생성된 디지털 휴먼을 활용한 콘텐츠 제작 플랫폼을 구축하는 것을 목표로 한다. 특히 AI 기반 자동 생성 기술, 멀티모달 움직임 생성 기술, 4D 볼류메트릭 기반 모션 캡처 기술을 통합하여 기존 기술 대비 높은 사실성과 낮은 제작 비용을 동시에 확보하고자 한다. 또한 본 과제에서는 디지털 휴먼 제작 기술뿐만 아니라 콘텐츠 제작, 실증 및 사업화까지 포함하는 통합적 연구개발을 수행하며, 방송, 영화, 광고, 가상 아이돌, 메타버스 등 다양한 산업 분야에서 활용 가능한 기술을 개발하는 것을 목표로 한다.

I. 컨소시움의 구성

연구개발 과제는 극사실적 디지털 휴먼 움직임 생성 기술의 개발을 위해 산학연 협력 기반의 컨소시움 형태로 구성되었으며, 각 참여기관은 보유한 핵심 기술과 전문 분야를 중심으로 역할을 분담하여 연구개발을 수행하도록 설계되었다. 특히 디지털 휴먼 제작 기술, 움직임 생성 기술, 콘텐츠 제작 기술, 품질 평가 기술, 실증 및 사업화 기술 등 전주기 연구개발이 가능하도록 컨소시움이 구성된 것이 특징이다. 본 과제의 컨소시움은 디지털 휴먼 제작 기업, 콘텐츠 제작 기업, 대학 연구기관, 기술 연구기관 등 다양한 기관이 참여하여 상호 보완적인 구조를 형성하고 있다. 각 기관은 디지털 휴먼 생성, 움직임 생성, 데이터 구축, 플랫폼 개발, 콘텐츠 제작, 실증 및 사업화 등 연구개발 단계별 핵심 역할을 수행한다. 우선 디지털 휴먼 제작 기술 분야에서는 오모션, 엠앤앤에이치, 스튜디오 메타케이가 참여하여 극사실적 디지털 휴먼 생성 기술과 모델 구조 개발을 수행한다. 오모션은 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 기술과 3D 디지털 휴먼 제작 기술을 중심으로 연구를 수행하며, 엠앤앤에이치는 4D 볼류메트릭 기반 디지털 휴먼 제작 기술 및 고정밀 모션 데이터 확보 기술을 담당한다. 스튜디오 메타케이는 콘텐츠 제작 경험을 기반으로 디지털 휴먼 제작 기술과 콘텐츠 적용 기술을 개발한다. 움직임 검출 및 생성 기술 분야에서는 서울과학기술대학교, 오모션, 엠앤앤에이치가 참

여하여 멀티모달 움직임 생성 기술과 AI 기반 움직임 생성 기술을 개발한다. 특히 대학 연구기관은 AI 모델 개발과 움직임 생성 알고리즘 연구를 수행하며, 기업 참여기관은 실제 콘텐츠 제작 환경에 적용 가능한 기술 개발을 담당한다. 디지털 휴먼 가공 기술 분야에서는 오모션, 스튜디오 메타케이, 엠앤앤에이치가 참여하여 디지털 휴먼 변형 기술, 감정 기반 움직임 생성 기술, 다양한 환경 적용 기술 등을 개발한다. 이를 통해 다양한 콘텐츠 환경에서 활용 가능한 디지털 휴먼 제작 기술을 확보한다.

디지털 휴먼 품질 평가 및 최적화 기술 분야에서는 광운대학교를 중심으로 오모션, 엠앤앤에이치, 스튜디오 메타케이가 참여하여 디지털 휴먼 움직임의 자연성, 사실성, 일관성 등을 평가하는 기술을 개발한다. 특히 정량적 평가 지표와 사용자 평가 기반 품질 검증 기술을 개발하여 디지털 휴먼 기술의 완성도를 향상시킨다. 디지털 휴먼 콘텐츠 제작 기술 분야에서는 엠앤앤에이치, 오모션, 스튜디오 메타케이가 참여하여 디지털 휴먼 기반 콘텐츠 제작 기술을 개발하고 실제 콘텐츠 제작 환경에 적용 가능한 기술을 확보한다. 또한 다양한 콘텐츠 제작 시나리오를 적용하여 기술 실효성을 검증한다. 시범 콘텐츠 제작 및 실증 단계에서는 스튜디오 메타케이, KBS, 오모션이 참여하여 방송, 광고, 영상 콘텐츠 등 다양한 분야에서 디지털 휴먼 기술을 적용한 실증을 수행한다. 이를 통해 실제 산업 환경에서의 활용 가능성을 검증하고 기술 완성도를 향상시킨다. 기술 확산 및 사업화 단계에서는 KBS, 오모션, 엠앤앤에이치, 스튜디오 메타케이, 서울과학기술대학교, 광운대학교가 참여하여 연구개발 결과의 산업 확산 및 사업화를 추진한다. 특히 방송 및 콘텐츠 제작 기관과의 협력을 통해 실제 산업 적용을 확대하고 글로벌 시장 진출 기반을 마련한다.

이와 같이 본 과제의 컨소시움은 디지털 휴먼 생성부터 움직임 생성, 콘텐츠 제작, 실증, 사업화까지 전주기 연구개발이 가능한 구조로 구성되어 있으며, 각 참여기관의 전문성을 기반으로 상호 협력 체계를 구축하였다. 또한 본 컨소시움은 단순한 연구개발 협력 구조를 넘어 기존 공동 연구 및 콘텐츠 제작 경험을 보유한 기관들로 구성되어 있어 기술 개발과 사업화 연계 가능성이 높은 것이 특징이다. 따라서 본 연구개발 과제의 컨소시움은 극사실적 디지털 휴먼 움직임 생성 기술 개발과 콘텐츠 제작 기술 개발을 효과적으로 수행할 수 있는 최적의 협력 구조로 구성되어 있으며, 향후 디지털 휴먼 기술의 산업적 확산 및 글로벌 경쟁력 확보에 중요한 역할을 수행할 것으로 기대된다.

주관연구개발기관	공동연구개발기관	공동연구개발기관	공동연구개발기관	공동연구개발기관	공동연구개발기관
 <p>연구책임자: 서경호 총 연구원 수: 12 명</p> <p>주요 역량: 디지털 휴먼 개발</p>	 <p>연구책임자: 김민정 총 연구원 수: 5 명</p> <p>시연콘텐츠 제작: 영상, 가상, 실시간 수십건의 실시간방송</p>	 <p>연구책임자: 김유진 총 연구원 수: 8 명</p> <p>메타버스 시나리오 기획 가상 환경 실증 콘텐츠</p>	 <p>연구책임자: 이연희 총 연구원 수: 8 명</p> <p>디지털 휴먼 기반 콘텐츠 제작 기술</p>	 <p>연구책임자: 박지현 총 연구원 수: 10 명</p> <p>사물적 움직임 생성 및 혼합 기술</p>	 <p>연구책임자: 김현숙 총 연구원 수: 14 명</p> <p>디지털 휴먼의 표현 및 동작 생성 평가 기술</p>
<ul style="list-style-type: none"> 3D 디지털 휴먼의 풀스택 기술 개발 전문 회사 디지털 트윈 방식의 디지털 휴먼 자동 생성 기술 보유 생성형 AI 기반의 디지털 휴먼 애니메이션 기술 미국, 일본, 중국의 해외 법인 설립 및 수출 실적 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 휴먼 기반 가상 아나운서 연구 개발 추진 중 AI 액터 방송제작 연구개발 및 라디오 뉴스 시험 방송 실시 방송 XR 환경 기반 메타버스 스테이지 제작 KBS 'AI 기술 활용 방송 콘텐츠 제작 기술' CES 2025 전시 	<ul style="list-style-type: none"> 디지털 더블 방식과 생성형 AI 기반의 디지털 휴먼 제작 기술 보유 생성형 AI 기술을 활용한 사실적인 디지털 휴먼 구현과 콘텐츠 상용화 실증 자체 IP 비주얼 휴먼 아티스트와 생성형 AI 기술을 활용한 콘텐츠 제작 회사 	<ul style="list-style-type: none"> 실사 휴먼 4D 분류메트릭 프로세스 기술 개발 전문 기업 4D 실사 휴먼 플랫폼의 광채 시설 구축 및 실시간스 제작 전문 기업 4D 실사 휴먼 실감콘텐츠 압축 스트리밍 및 XR 콘텐츠 배포를 위한 관련 기술 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 비전 기반의 3D 모션 캡처 및 포즈 추정 및 생성 전문 연구실 3D 디지털 휴먼 데이터 획득 및 체적형 모델 생성 기술 보유 AI 기반의 움직임 생성 및 3D 휴먼과의 동기화 기술 보유 3D 디지털 휴먼의 모션 및 동작의 오류 보정 기술 보유 	<ul style="list-style-type: none"> 3D 및 4D 방식의 디지털 휴먼 및 착용 의상에 대한 시각적 평가 전문 연구실 신체특성을 반영한 3D 디지털 휴먼 및 XR 의상 기술의 UI/UX 디자인 및 통합 개발 전문 구축 가상 현실에서 통합적 사용자 경험 측정 및 분석용 UI/UX 평가 기술 개발
 <p>오모션의 디지털 휴먼</p>	 <p>KBS의 AI 가상 아나운서</p>	 <p>스튜디오메타케이의 디지털 휴먼 아바타</p>	 <p>엠앤앤에이치의 4D 디지털 휴먼</p>	 <p>서울과학기술대학의 통합 모션 캡처</p>	 <p>광운대의 XR 디지털 휴먼 UI/UX</p>

<그림 1> 본 과제의 컨소시움 구성

II. 연구개발 과제의 개요

최근 생성형 인공지능 기술과 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전으로 디지털 휴먼 기술은 빠르게 발전하고 있으며, 다양한 산업 분야에서 활용 가능성이 확대되고 있다. 특히 방송, 영화, 광고, 메타버스, 교육, 의료, 게임 및 인터랙티브 콘텐츠 분야에서는 사람과 유사한 외형뿐만 아니라 자연스러운 움직임과 행동을 수행하는 디지털 휴먼에 대한 요구가 크게 증가하고 있다. 단순히 정적인 3D 캐릭터를 생성하는 수준을 넘어, 실제 인간과 유사한 표정 변화, 신체 움직임, 감정 표현, 상황에 따른 행동 생성이 가능한 디지털 휴먼 기술이 요구되고 있으며, 이러한 기술은 차세대 콘텐츠 제작 및 인터랙션 기술의 핵심 요소로 인식되고 있다. 특히 최근 디지털 휴먼 기술은 생성형 AI와 결합되면서 빠르게 발전하고 있으나, 여전히 자연스러운 움직임 생성 기술 측면에서는 기술적 한계가 존재한다. 현재 대부분의 디지털 휴먼은 외형적 사실성은 점차 향상되고 있지만, 움직임 생성 측면에서는 여전히 부자연스럽거나 반복적인 움직임, 물리적으로 부자연스러운 동작, 감정과 일치하지 않는 행동 등이 발생하는 문제를 가지고 있다. 이러한 문제는 디지털 휴먼의 몰입도를 저하시킬 뿐만 아니라 실제 산업 현장에서 활용하는 데 중요한 제약 요소로 작용하고 있다.

기존 디지털 휴먼 움직임 생성 방식은 주로 모션 캡처 데이터 기반 애니메이션 또는 키프레임 기반 애니메이션 방식에 의존하고 있다. 모션 캡처 기반 방식은 실제 인간의 움직임을 기반으로 자연스러운 동작을 생성할 수 있다는 장점이 있으나, 고가의 장비와 전문적인 촬영 환경이 필요하며 다양한 상황에 대한 데이터를 확보하기 어렵다는 문제가 존재한다. 또한 새로운 움직임을 생성하기 위해서는 추가적인 촬영이 필요하므로 제작 비용과 시간이 크게 증가하는 단점이 있다. 반면 키프레임 기반 애니메이션 방식은 다양한 움직임을 생성할 수 있으나, 전문 애니메이터의 수작업이 필요하며 자연스러운 움직임을 구현하기 위해 많은 시간이 소요되는 문제가 존재한다.

또한 최근 생성형 AI 기반 움직임 생성 기술이 등장하고 있으나, 이러한 기술 역시 여러 가지 한계를 갖고 있다. 첫째, 생성된 움직임이 물리적으로 자연스럽지 못한 경우가 많으며, 신체 균형이 맞지 않거나 관절 움직임이 부자연스러운 문제가 발생한다. 둘째, 얼굴 표정, 신체 움직임, 손동작 등 다양한 요소가 통합적으로 생성되지 못하고 각각 독립적으로 생성되는 경우가 많아 전체적인 움직임의 일관성이 부족한 문제가 존재한다. 셋째, 감정 및 상황에 따른 움직임 변화가 자연스럽게 반영되지 못하는 문제도 존재한다. 예를 들어, 동일한 발화 상황에서도 감정 상태에 따라 표정과 몸짓이 달라져야 하지만, 기존 기술에서는 이러한 감정 기반 움직임 생성이 충분히 구현되지 못하고 있다.

기존의 2D 기반 생성형 AI 움직임 생성 기술은 시점 변화에 따른 일관성 문제가 존재한다. 서로 다른 시점에서 생성된 움직임이 동일한 인물임에도 불구하고 미세하게 다른 형태로 생성되거나, 프레임 간 움직임이 자연스럽게 연결되지 않는 문제가 발생한다. 특히 장시간 콘텐츠 생성 시 얼굴 구조나 신체 형태가 변형되는 문제가 발생할 수 있으며, 이러한 문제는 디지털 휴먼 콘텐츠의 품질을 저하시킬 뿐만 아니라 실제 산업 적용을 어렵게 만드는 요인이 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 연구에서는 디지털 휴먼을 위한 사실적 움직임 생성 기술을 개발하는 것을 목표로 한다. 특히 인체 해부학적 구조를 반영한 디지털 휴먼 모델을 기반으로 물리 기반 움직임 생성 기술과 생성형 AI 기반 움직임 생성 기술을 결합하여 보다 자연스럽게 사실적인 디지털 휴먼 움직임 생성 기술을 개발하고자 한다. 또한 얼굴 표정, 신체 움직임, 손동작, 감정 표현 등 다양한 요소를 통합적으로 생성할 수 있는 멀티모달 기반 움직임 생성 기술을 개발하여 실제 인간과 유사한 행동을 수행할 수 있는 디지털 휴먼을 구현하는 것을 목표로 한다.

본 연구개발 과제의 주요 목표는 다음과 같다. 첫째, 디지털 휴먼의 사실적 움직임 생성 기술을 개발하여 인간과 유사한 자연스러운 표정과 신체 움직임을 구현하는 것이다. 이를 위해 인체 해부학적 구조 기반 모델과 물리 기반 시뮬레

부위의 움직임을 분석하고, 이를 기반으로 자연스럽게 일관성 있는 움직임을 생성하는 기술을 개발한다. 또한 다양한 상황과 감정에 따라 변화하는 움직임을 생성할 수 있도록 감정 기반 움직임 생성 기술과 행동 기반 움직임 생성 기술을 함께 개발한다. 이를 통해 디지털 휴먼이 단순히 반복적인 애니메이션이 아니라 상황에 맞는 자연스러운 움직임을 수행할 수 있도록 한다. 둘째, 해부학적 구조 기반 디지털 휴먼 생성 기술을 개발하는 것이다. 기존 디지털 휴먼은 단순한 3D 모델 기반으로 제작되는 경우가 많아 자연스러운 움직임 구현에 한계가 존재하였다. 본 연구에서는 인체 해부학적 구조를 반영한 디지털 휴먼 모델을 개발하고, 관절 구조, 근육 움직임, 피부 변형 등을 반영하여 보다 자연스러운 움직임이 가능하도록 한다. 이를 통해 얼굴 표정, 눈 움직임, 입술 움직임, 손동작 등 미세한 움직임까지 자연스럽게 표현할 수 있는 디지털 휴먼 구조를 개발한다. 셋째, AI 기반 자동 디지털 휴먼 생성 기술을 개발하는 것이다. 기존 디지털 휴먼 제작 방식은 전문 인력과 긴 제작 시간이 필요하였으나, 본 연구에서는 생성형 AI 기반 자동 생성 기술을 적용하여 비전문가도 쉽게 디지털 휴먼을 생성할 수 있도록 한다. 또한 다양한 입력 정보(영상, 음성, 텍스트 등)를 기반으로 자동으로 디지털 휴먼 움직임을 생성하는 기술을 개발하여 콘텐츠 제작 효율성을 크게 향상시키고자 한다. 넷째, 물리 기반 상호작용 기술을 개발하는 것이다. 디지털 휴먼이 단순히 움직임을 수행하는 것을 넘어 주변 환경 및 객체와 상호작용할 수 있도록 물리 기반 움직임 생성 기술을 개발한다. 예를 들어 물체를 잡거나 이동하는 동작, 다른 디지털 캐릭터와 상호작용하는 동작, 사용자와 실시간 인터랙션을 수행하는 동작 등을 자연스럽게 생성할 수 있도록 한다. 이를 통해 실제 인간과 유사한 상호작용이 가능한 디지털 휴먼을 구현한다. 다섯째, 디지털 휴먼 콘텐츠 제작 플랫폼을 개발하는 것이다. 본 연구에서 개발된 디지털 휴먼 생성 및 움직임 생성 기술을 활용하여 다양한 콘텐츠 제작이 가능한 플랫폼을 구축한다. 이를 통해 방송, 영화, 광고, 메타버스, 교육 등 다양한 산업 분야에서 디지털 휴먼 콘텐츠를 쉽게 제작할 수 있는 환경을 제공한다. 또한 실시간 인터랙션 기반 콘텐츠 제작 기술도 함께 개발하여 차세대 디지털 콘텐츠 제작 환경을 구축하고자 한다.

또한 본 연구개발 과제를 통해 다음과 같은 주요 결과물을 개발하고자 한다. 첫째, AI 기반 디지털 휴먼 생성 알고리즘을 개발한다. 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 생성 알고리즘을 통해 다양한 형태의 디지털 휴먼을 자동으로 생성할 수 있는 기술을 확보한다. 둘째, 멀티모달 움직임 생성 AI를 개발한다. 음성, 표정, 감정, 신체 움직임 등 다양한 정보를 통합적으로 반영하여 자연스러운 움직임을 생성하는 AI 기술을 개발한다. 셋째, 디지털 휴먼 콘텐츠 제작 플랫폼을 개발한다. 디지털 휴먼 생성부터 콘텐츠 제작까지 통합적으로 수행할 수 있는 플랫폼을 구축한다. 넷째, 디지털 휴먼 평가 및 검증 시스템을 개발한다. 생성된 디지털 휴먼의 움직임 자연성 및 사실성을 평가할 수 있는 정량적 평가 기술과 검증 시스템을 구축한다. 다섯째, XR 기반 디지털 휴먼 콘텐츠 제작 기술을 개발한다. 메타버스 및 XR 환경에서 활용 가능한 디지털 휴먼 콘텐츠 제작 기술을 개발하여 다양한 산업 분야로의 확장을 가능하게 한다.

2. 연구개발 과제의 차별성

본 연구개발 과제는 기존 디지털 휴먼 기술 대비 움직임 생성 중심의 차별화된 기술을 개발하는 것을 목표로 하며, 다음과 같은 기술적 차별성을 갖는다. 첫째, 해부학적 구조 기반 디지털 휴먼 생성 기술이다. 기존 디지털 휴먼은 외형 중심의 모델링 방식으로 제작되는 경우가 많아 자연스러운 움직임 구현에 한계가 존재하였다. 본 연구에서는 인체 해부학적 구조를 반영한 디지털 휴먼 모델을 개발하여 관절 구조, 근육 움직임, 피부 변형 등을 반영함으로써 보다 자연스럽게 사실적인 움직임이 가능하도록 한다. 특히 얼굴 표정 변화, 눈의 움직임, 입술 움직임 등 미세한 움직임까지 표현 가능한 구조를 개발하여 극사실적 디지털 휴먼 구현을 가능하게 한다. 둘째, 물리 기반 움직임 생성 기술이다. 기존

<표 1> 본 과제에서 제안하는 사실적 움직임을 위한 디지털 휴먼의 구조

구분		SMPL-X	3D SCAN STORE	Metahuman	Toyota THUMAN	Muscle 모델	AnyBody	본 과제
제안 연도		2019년도	2018년도	2020년도	2002년도 ~	2015년도	2002년도 ~	2025년도
정적 구조	버텍스 수	10,475개	모델별 상이	약 60,000개	유한 요소 기반 762,997 노드	유한 요소 기반 근육 시뮬레이션	유한 요소 기반 근육 시뮬레이션 + 다물체 동역학	약 60,000개 + 유한 요소 기반 1,000,000 노드
	폴리곤 수	20,948개	모델별 상이	약 120,000개	유한 요소 기반 1,921,772 요소	-	-	약 120,000개 + 유한 요소 기반 2,000,000 요소
	메시 타입	삼각형	삼각형	사각형	유한 요소	-	-	사각형 + 유한 요소
	UV 맵핑	O	O	O	X	-	-	O
	등방성/대칭성	비등방/비대칭	등방/대칭	등방/대칭	등방/대칭	-	-	등방/대칭
	텍스처 해상도	-	최대 8K	4K~8K	-	-	-	최소 8K
동적 구조	스켈레톤 구조	O	X	O	O	-	-	O
	조인트 수	54개	X	600개 이상	약 200개 이상	-	-	600개 이상
	블렌드 웨입 수	제한적	22개	1,000개 이상	없음	-	-	1,000개 이상
	미세 및 비언어적 표현	X	-	후보정 필요	-	-	-	딤러닝 기반 최소 보정
	불수의적 움직임 구조 유무	-	-	-	-	-	-	내재적 파라미터 보유
	해부학적 움직임 가능 여부	X	X	X	O	O	O	O
	애니메이션 지원	O	제한적	O	O (근육 반응 포함)	O (근육 반응 포함)	O (근육 반응 포함)	O (근육 반응 포함)
	표정 표현	제한적	제한적	O	X	X	제한적	O
	손가락 움직임	O	제한적	O	X	X	제한적	O
	눈동자 움직임	제한적	제한적	O	X	X	제한적	O
	근육 움직임	제한적	제한적	O	O (능동적 반응 포함)	O (능동적 반응 포함)	제한적	O
	물리 기반 시뮬레이션	제한적	제한적	O	O (유한 요소 기반)	O (유한 요소 기반)	제한적	O
렌더링	광원 및 그림자 처리	-	-	O	-	-	-	O
	서브서피스 스캐터링 유/무	-	-	지원	-	-	-	지원
	실사 렌더링 체계	X	마모셋 톨백	Unreal PBR	자체 렌더링	블렌더, 후디니 등	자체 렌더링	Unreal PBR
시뮬레이션	물리 기반 근육 시뮬레이션	X	X	X	O (유한 요소 시뮬레이션)	O (물리 기반 근육 시뮬레이션)	O (유한 요소 + 다물체 동역학)	O (유한 요소 + 다물체 동역학)
	실시간 인터랙션	제한적	X	O	X	O	제한적	O (고해상도)
	신체 부위별 적용 범위	전신	고정형	전신	내부 장기 포함	전신+근육	골격 구조	전신+내부 장기
	소프트바디 물리 적용	X	X	O	O	O	제한적	O (실시간)
상호 작용	충돌 감지 및 반응 지원	X	X	O	O (FEA)	O	제한적	O (실시간)
	다수 물체 시뮬레이션 지원	-	-	X	O	제한적	O	O
	모션 캡처 데이터 적용 지원	O	X	O	X	O	O (동작 분석)	O (모션+물리 융합)
기타	사용 용도	연구, 모션 캡처	고해상도 스캔 데이터	게임, 영화	차량 안전 연구	해부학 교육	연구	포괄적 디지털 휴먼 활용
	라이선스	연구 목적	상업적 사용 가능	상업적 사용 가능	무료 공개	상업적 사용 가능	연구 목적	연구 목적
	지원 소프트웨어	Python, Unity	다양한 3D SW	Unreal Engine	LS-DYNA	블렌더, 후디니 등	-	Python, Unreal Engine

3D 디지털 휴먼의 외적 극사실성 요소

핵심 요소 : 모델링, 텍스처링과 텍스처, 얼굴 세부 특징

- 해부학적 정확성에 기반한 볼륨 모델링과 최적화된 폴리곤지 구조
- 실제 피부의 물리적 특성을 재현하기 위해 SSS, 반사도, 거울기 등을 제어하는 고품질 세이더와 텍스처 시스템
- 눈의 각막 반사/굴절, 입술의 미세 주름과 수분감, 피부의 반투명 특성 등 얼굴 세부 특징의 사실적 표현

보조 요소 : 특성화 요소

- 모발 밀도와 분포 패턴
- 각 스킨 형태의 물리적 특성
- 사실적인 조명과 색조치정
- 입/눈/귀/손가락 등 피부 반사
- 장신구의 재질감 외장/피복의 자연스러운 상호작용

환경 요소 : 라이팅 셋업, 렌더링

- 실사 카메라의 초점 거리, DOF, 렌즈 왜곡 등 고려하여 시선 깊이 고상능력이 표현이성 원리형
- 기본 조명 모델과 HDR 환경 맵핑을 기반으로 렌더링 셋업과 피부의 서비스시스 산란 강조
- 레이 캐스팅을 통한 정물형 그림자 계산과 잔적 조명으로 구현되는 사실적인 빛 상호작용
- 생물학, 환경학, 미세 소구조 등 후처리 작업을 통한 시각적 완성도 향상

3D 디지털 휴먼의 내적 극사실성 요소

인체 해부학적 구조의 통합적 구현

- 실제 인체의 20개 부위 부속 구조를 기반으로 한 생체역학적 특성상 해부학적 비율의 정확한 구현
- 관절 일합부의 세밀한 할상 모델링을 통한 자연스러운 움직임 범위와 방향성 구현
- 오른 팔치 데이터의 정확한 적용을 위한 해부학적 렌트미크의 정밀한 위치 설정

관절 역학 및 가동범위

- 개별 관절의 생체역학적 특성상: 제한된 가동범위를 반영한 움직임 제어
- 특수 관절의 운동 패턴이탈과 제약 조건외의 정확한 구현
- 근육연계 시스템과 연동형 자연스러운 관절 범위 및 제약 조건을 고려한 반영

근육 및 주름 표현 변형

- 해부학적으로 정합한 근육군의 무작위적 선을 정합을 반영한 근육 시스템 구현
- 근육의 수축과 이완에 따른 피부 보온 및 표면 변형의 실시간 계산과 적용
- 표면 장력과 조직 탄성을 고려한 피부 울라임드 메카니즘의 물리적 시뮬레이션
- 특정적인 볼륨드세이브와 고품질 울라임드세이브를 통한 재현된 얼굴 변형 제어

3D 디지털 휴먼의 움직임 포맷

사회문화적 맥락에서의 움직임 패턴

- 문화권별 인사 방식, 중시/공시 상황의 자세, 감정 표현 제스처 등 사회적 규범이 반영된 동작 특성
- 생활 환경, 직업적 특성 등 환경적 요인에 따른 움직임 특성 고려
- 연말별 움직임/행동 변화와 균형 능력에 따른 보살 전략을 반영한 자연스러운 동작 구현
- 해부학적 구조와 사회문화적으로 확립된 생활 특성이 반영된 차별화된 동작 패턴
- 자신의 생활, 근무, 운동 능력에 따른 맞춤형 동작 전략과 적용 패턴의 구현

생체역학적 특성 분석

- 관절 각도의 이동 제한, 신체 부위별 움직임 속도/프로파일을 통한 기하학적 안정성 분석
- 관절의 힘/토크를 측정과 근육 활성도 패턴을 반영한 생체역학적 에너지 효율성 구현
- 주기적 움직임의 빈도/규칙성과 가속/감속 패턴을 통한 자연스러운 동작 리듬 구현
- 동작 단계별 소요 시간과 관절 각 점용 관계를 고려한 정밀한 타이밍 제어

안면 표정 및 마이크로 익스프레션

- 125~115도의 짧은 지속 시간을 가진 기본 감정의 볼수익의 마이크로 익스프레션 구현
- 진정한 감정 상태를 드러내는 누출 신호로서 마이크로 익스프레션 패턴 적용
- 불편한 움직임 현상 극복을 위한 저수준으로 마이크로 익스프레션의 실시간 생성 및 제어
- 강화적으로 특화된 인간의 얼굴 표정 인지 메카니즘을 고려한 극사실적 표정 변화 구현

<그림 3> 본 과제의 디지털 휴먼을 위한 극사실성의 차별성

디지털 휴먼 움직임 생성 기술은 애니메이션 기반 또는 데이터 기반 방식이 주로 사용되었으나, 본 연구에서는 물리 기반 시뮬레이션 기술을 적용하여 보다 자연스러운 움직임을 생성할 수 있도록 한다. 중력, 관성, 균형, 충돌 등 물리적 요소를 반영하여 실제 인간과 유사한 자연스러운 움직임을 생성하는 기술을 개발한다. 셋째, 멀티모달 데이터 기반 움직임 생성 기술이다. 기존 디지털 휴먼 움직임 생성 기술은 단일 입력 기반으로 동작하는 경우가 많았으나, 본 연구에서는 음성, 표정, 감정, 신체 움직임 등 다양한 정보를 통합적으로 활용하는 멀티모달 기반 움직임 생성 기술을 개발한다. 이를 통해 감정 변화에 따른 표정 변화, 발화에 따른 제스처 변화 등 보다 자연스러운 행동 생성이 가능하도록 한다. 넷째, AI 기반 자동 생성 플랫폼이다. 기존 디지털 휴먼 제작 방식은 전문가 중심의 제작 환경이 필요하였으나, 본 연구에서는 생성형 AI 기반 자동 생성 플랫폼을 개발하여 비전문가도 쉽게 디지털 휴먼을 생성할 수 있도록 한다. 이를 통해 제작 비용을 절감하고 콘텐츠 제작 효율성을 크게 향상시킬 수 있다. 또한 기존 생성형 AI 기반 디지털 휴먼 기술은 2D 기반 생성 방식으로 인해 시점 변화에 따른 일관성 문제가 존재하였다. 서로 다른 시점에서 생성된 디지털 휴먼이 동일 인물임에도 불구하고 얼굴 구조나 형태가 변화하는 문제가 발생할 수 있으며, 이는 영상 콘텐츠 제작 시 품질 저하의 원인이 된다. 본 연구에서는 3D 기반 디지털 휴먼 구조를 활용하여 이러한 문제를 해결하고, 다양한 시점에서도 동일한 인물의 일관성을 유지할 수 있는 기술을 개발한다. 또한 기존 모션 캡처 기반 움직임 생성 방식은 고가의 장비와 촬영 환경이 필요하여 제작 비용이 높다는 문제가 존재하였다. 본 연구에서는 AI 기반 자동 움직임 생성 기술을 적용하여 별도의 고가 장비 없이도 자연스러운 움직임을 생성할 수 있도록 한다. 이를 통해 제작 비용을 크게 절감하고, 다양한 산업 분야에서 활용 가능한 디지털 휴먼 기술을 확보하고자 한다.

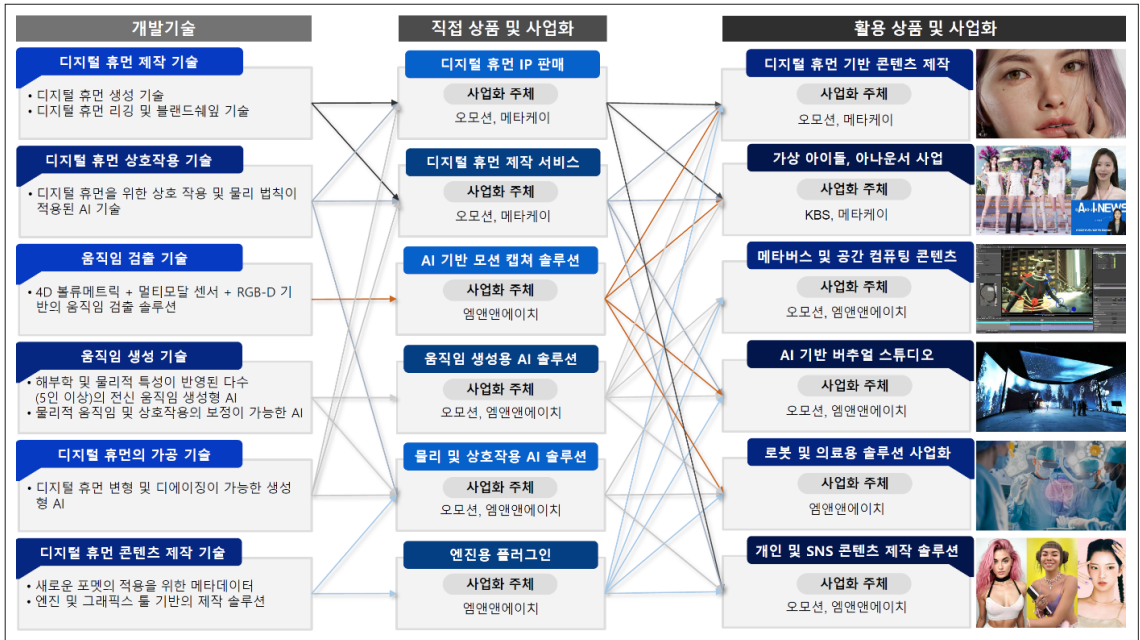
IV. 실증 및 사업화

본 연구개발 과제에서는 개발된 극사실적 디지털 휴먼 움직임 생성 기술의 실효성과 산업 적용 가능성을 검증하기 위해 다양한 콘텐츠 제작 실증을 수행할 계획이다. 특히 실제 산업 환경에서 활용 가능한 수준의 기술 완성도를 확보하기 위해 방송, 콘텐츠 제작, 광고, 메타버스 등 다양한 분야에서 단계별 실증을 수행한다. 이를 통해 기술의 안정성과 확장성을 검증하고, 향후 사업화 가능성을 확보하는 것을 목표로 한다.

먼저 가상 아나운서 제작 실증을 수행한다. 극사실적 디지털 휴먼 움직임 생성 기술을 적용하여 실제 방송 환경에서 활용 가능한 가상 아나운서를 제작한다. 이 과정에서는 얼굴 표정 생성 기술, 발화 기반 입모양 생성 기술, 자연스러운 제스처 생성 기술 등을 통합 적용하여 실제 인간과 유사한 수준의 방송 진행이 가능한 디지털 휴먼을 구현한다. 또한 다양한 뉴스 콘텐츠 및 정보 전달 콘텐츠 제작에 활용하여 실시간 방송 환경에서의 활용 가능성을 검증한다. 다음으로 가상 아이돌 콘텐츠 제작 실증을 수행한다. 디지털 휴먼 움직임 생성 기술을 활용하여 가상 아이돌 캐릭터를 제작하고, 음악 콘텐츠, 공연 콘텐츠, 인터랙티브 콘텐츠 등 다양한 형태의 가상 아이돌 콘텐츠를 제작한다. 특히 춤 동작, 감정 표현, 공연 동작 등 복잡한 움직임 생성 기술을 적용하여 실제 아이돌과 유사한 수준의 콘텐츠 제작 가능성을 검증한다. 또한 광고 콘텐츠 제작 실증을 수행한다. 디지털 휴먼 기반 광고 모델을 제작하고 다양한 광고 콘텐츠 제작에 활용한다. 이를 통해 광고 제작 비용 절감 효과와 제작 시간 단축 효과를 검증하며, 브랜드 모델 및 가상 인플루언서 등 다양한 광고 콘텐츠 제작 가능성을 확인한다. 방송 콘텐츠 제작 실증도 함께 수행한다. 방송 프로그램, 예능 프로그램, 인터뷰 콘텐츠 등 다양한 방송 콘텐츠 제작에 디지털 휴먼 기술을 적용하여 실제 방송 환경에서의 활용 가능성을 검증한다. 특히 실시간 인터랙션 기반 디지털 휴먼 기술을 적용하여 방송 콘텐츠 제작의 새로운 형태를 제시하고자 한다. 또한 메타버스 콘텐츠 제작 실증을 수행한다. 메타버스 환경에서 사용자와 실시간 상호작용이 가능한 디지털 휴먼 아바타를 제작하고, 교육, 상담, 안내, 엔터테인먼트 등 다양한 메타버스 콘텐츠에 적용한다. 이를 통해 XR 및 메타버스 환경에서 활용 가능한 디지털 휴먼 기술의 실효성을 검증한다. 이와 같은 실증을 수행하기 위해 방송사 및 콘텐츠 제작사와 협력하여 실제 산업 환경 기반 실증을 추진한다. 특히 방송 콘텐츠 제작 경험과 기술을 보유한 기관들과 협력하여 실증 콘텐츠를 제작하고, 다양한 산업 분야에서의 활용 가능성을 검증한다.

본 연구개발 과제의 사업화 전략은 개발된 디지털 휴먼 움직임 생성 기술을 기반으로 단계적 사업화를 추진하는 것이다. 특히 초기에는 기업 대상의 B2B 솔루션 중심으로 사업화를 추진하고, 이후 플랫폼 서비스 형태의 B2C 서비스로 확장하는 전략을 수립하였다. 먼저 B2B 기반 솔루션 사업화를 추진한다. 방송사, 콘텐츠 제작사, 광고 제작사, 게임 회사, 메타버스 플랫폼 기업 등을 대상으로 디지털 휴먼 생성 및 움직임 생성 솔루션을 제공한다. 이를 통해 콘텐츠 제작 효율성을 향상시키고 제작 비용 절감 효과를 제공하는 사업 모델을 구축한다. 다음으로 콘텐츠 제작 사업화를 추진한다. 디지털 휴먼 기술을 활용한 가상 아나운서, 가상 아이돌, 광고 모델, 메타버스 아바타 등 다양한 콘텐츠를 제작하고 이를 사업화한다. 특히 방송 콘텐츠, 광고 콘텐츠, 엔터테인먼트 콘텐츠 등 다양한 분야에서 활용 가능한 콘텐츠 제작 사업을 추진한다. 또한 플랫폼 서비스 사업화를 추진한다. 디지털 휴먼 생성 및 움직임 생성 기술을 기반으로 콘텐츠 제작 플랫폼을 구축하고, 이를 서비스 형태로 제공한다. 사용자가 직접 디지털 휴먼을 생성하고 콘텐츠를 제작할 수 있는 플랫폼을 구축하여 다양한 사용자층을 확보한다. 또한 글로벌 시장 진출 전략을 추진한다. 디지털 휴먼 기술은 글로벌 시장에서 수요가 증가하고 있는 분야이므로, 해외 콘텐츠 제작사, 방송사, 플랫폼 기업 등을 대상으로 글로벌 사업화를 추진한다. 특히 메타버스, XR, 디지털 콘텐츠 시장 확대에 맞추어 글로벌 시장 진출을 추진한다.

사업화 초기 단계에서는 B2B 중심 사업 모델을 구축하여 안정적인 수익 구조를 확보하고, 이후 플랫폼 기반 B2C



<그림 4> 본 과제의 실증 및 사업화

서비스로 확장하여 사업 영역을 확대할 계획이다. 이를 통해 디지털 휴먼 기술 기반 서비스 생태계를 구축하고 지속 가능한 사업 구조를 확보하고자 한다. 또한 극사실적 디지털 휴먼 기술을 기반으로 방송, 광고, 영화, 게임, 메타버스, 교육, 의료 등 다양한 산업 분야로 사업 영역을 확대할 계획이다. 이를 통해 디지털 휴먼 기술을 기반으로 한 새로운 콘텐츠 제작 시장을 창출하고, 글로벌 디지털 콘텐츠 산업에서 경쟁력을 확보하는 것을 목표로 한다.

V. 결론

본 연구개발 과제에서는 기존 기술의 한계를 극복하기 위해 해부학적 구조 기반 디지털 휴먼 모델과 물리 기반 움직임 생성 기술을 결합하여 실제 인간과 유사한 자연스럽게 사실적인 움직임을 생성할 수 있는 디지털 휴먼 기술을 개발하고자 한다. 본 연구에서는 극사실적 디지털 휴먼 기반 콘텐츠 제작 플랫폼을 구축하여 디지털 휴먼 생성부터 움직임 생성, 콘텐츠 제작, 편집 및 배포까지 통합적으로 수행할 수 있는 환경을 제공하고자 한다. 이를 통해 기존 콘텐츠 제작 방식에서 벗어나 디지털 휴먼 중심의 새로운 콘텐츠 제작 패러다임을 제시하고, 콘텐츠 제작 효율성과 품질을 동시에 향상시키는 것을 목표로 한다. 또한 이러한 플랫폼은 다양한 산업 분야에서 활용 가능한 범용 콘텐츠 제작 도구로 활용될 수 있으며, 디지털 콘텐츠 산업의 경쟁력 향상에도 기여할 것으로 기대된다. 본 연구개발 과제는 극사실적 움직임 생성 기술을 중심으로 한 디지털 휴먼 기술을 개발하고, 이를 기반으로 콘텐츠 제작 플랫폼을 구축함으로써 차세대 디지털 콘텐츠 산업의 핵심 기술을 확보하는 것을 목표로 한다. 또한 본 과제를 통해 개발된 기술은 글로벌 디지털 휴먼 시장에서 경쟁력을 확보하고, 새로운 콘텐츠 제작 방식과 산업 생태계를 창출하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

저 자 소 개



서영호

- 1999년 : 광운대학교 전자재료공학과 학사
- 2001년 : 광운대학교 전자재료공학과 석사
- 2004년 : 광운대학교 전자재료공학과 박사
- 2004년 ~ 2005년 : 한국전기연구원 전기정보망그룹 연구원
- 2005년 ~ 2007년 : 한성대학교 정보통신공학과 교수
- 2008년 ~ 현재 : 광운대학교 전자재료공학과 교수
- 2021년 ~ 현재 : 오모션 주식회사 CTO
- 주관심분야 : 3D 그래픽스, 디지털홀로그램, 광신호처리