

# CONTENTS PLUS

한국영상학회논문집

Journal of Korean Society of Media & Arts Vol.22, No.6

<https://doi.org/10.14728/KCP.2024.22.06.055>

## ChatGPT를 활용한 가상 캐릭터 개발

### Development of Virtual Character Using ChatGPT

주저자

유미 (You, Mi)

서울예술대학교 영상학부 디지털아트전공 부교수

Associate Professor, School of Film and Media Arts, Seoul Institute of the Arts

[anubodhih@gmail.com](mailto:anubodhih@gmail.com)

\* 본 연구는 2024년 서울예술대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었음

## Abstract

Artificial Intelligence(AI) has moved beyond existing as a concept mainly in science fiction and has now firmly integrated into our daily lives. Interest in AI has surged with the advent of natural language generation models such as OpenAI's ChatGPT, which can generate text and engage in conversations at a level similar to that of a human. Consequently, there is growing interest in the potential for AI to exist not merely as a technical entity but as a virtual human companion. This study originates from this background and aims to develop an AI virtual character that can interact with humans through voice. To achieve this, we use the Unreal Engine's Runtime Speech Recognizer plugin, based on OpenAI's Whisper model, to convert user speech into text in real time. The converted text is then sent to the ChatGPT API via the VaRest plugin to generate natural language responses. The generated responses are converted to speech using Text-to-Speech (TTS) technology and are expressed through facial animations of MetaHumans using MetaHumanSDK. The developed system allows conversations with virtual characters to appear as actual conversations with people, thus providing an immersive user experience. This research explores the possibility of AI coexisting as virtual humans and companions to humans through such a technical approach, serving as foundational research in preparation for a future where collaboration and interaction with AI become commonplace.

### Keywords

AI, ChatGPT, Virtual Character, MetaHuman

## 국문초록

AI(Artificial Intelligence)는 이제 공상과학소설에서만 존재할 것 같은 개념에서 벗어나 우리의 일상생활 깊숙이 자리 잡고 있다. 특히, OpenAI의 ChatGPT와 같은 자연어 생성 모델의 등장으로 AI에 대한 관심이 급증하였는데, ChatGPT는 인간과 유사한 수준의 텍스트 생성과 대화가 가능하다. 이에 따라 AI가 단순한 기술적 존재가 아닌, 인간의 동반자로서 가상 인간의 형태로 존재할 수 있는 가능성에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구는 이러한 배경에서 출발하여 인간과 음성으로 상호작용하는 AI 가상 캐릭터를 개발하고자 한다. 이를 위해, OpenAI의 Whisper 모델을 기반으로 한 언리얼 엔진의 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 사용하여 사용자의 음성을 실시간으로 텍스트로 변환하고, 변환된 텍스트를 VaRest 플러그인을 통해 ChatGPT API에 전달하여 자연어 응답을 생성한다. 생성된 응답은 TTS(Text-to-Speech) 기술을 통해 음성으로 변환되며, MetaHumanSDK를 사용하여 메타휴먼의 얼굴 애니메이션으로 표현된다. 이렇게 개발된 시스템은 가상 캐릭터와의 대화가 실제 사람과의 대화처럼 느껴지도록 하여 몰입감 있는 사용자 경험을 제공한다. 본 연구는 이러한 기술적 접근을 통해 AI가 인간의 동반자로서 가상 인간의 형태로 공존할 수 있는 가능성을 탐구하며, AI와의 협업과 상호작용이 이루어질 미래를 대비한 기초 연구로서의 의미를 갖는다.

### 중심어

AI, ChatGPT, 가상 캐릭터, 메타휴먼

## 1. 서론

공상과학소설에서만 존재할 것 같았던 AI(Artificial Intelligence)가 우리의 일상생활 곁으로 성큼 다가왔다. 2016년 이세돌과 알파고가 바둑을 둘 때만 해도 바둑 분야라는 먼 나라 이야기처럼 느껴졌었는데, 어느덧 정신을 차려보니 AI가 사람처럼 글도 쓰고 그림도 그리는 시대가 도래했다. 컴퓨터 시스템이 인간의 지능을 모방하여 학습, 추론, 적응, 논증, 문제해결 등의 작업을 수행하는 기술인 AI는 이제 사람이 만든 것인지 컴퓨터가 생성한 것인지 헷갈리는 수준의 결과물(양재희, 2024)까지 제작하기에 이르렀다.

사람들이 갑작스럽게 AI에 관심을 가지게 된 배경에는 획기적인 성능을 탑재한 OpenAI 사의 ChatGPT의 등장과 매우 밀접한 관계가 있는데, ChatGPT가 생성해 내는 퍼포먼스에 많은 사람이 놀랐기 때문이다. ChatGPT는 2022년 11월 30일 OpenAI에서 개발한 자연어 생성 모델로, GPTs(Generative Pre-trained Transformer)와 Chatbot의 합성어이다. GPTs는 LLM(Large Language Model)의 한 유형으로 생성형 인공지능의 선구자적인 프레임워크라고 평을 받고 있다(Jovanovic & Campbell, 2022). GPTs는 텍스트의 대규모 데이터 세트에 대해 사전 훈련되어 인간과 유사한 새로운 콘텐츠를 생성할 수 있으며, 현재 대부분의 LLM은 이러한 특성을 가지며 광범위하게 GPT라고도 한다(Perrigo, 2023).

좀 더 쉽게 말하자면 언어 부분에서 대량 학습을 시킨 ChatGPT는 사용자와 주고받는 대화에서 인공지능에 의해 질문에 답하도록 설계되었으며, 말의 앞뒤 문맥을 파악하고 이전 대화를 기억하며, 우리가 일상에서 사람과 대화하듯이 대충 말해도 거의 알아듣는 수준까지 도달했다. 또한, 학습하는 과정에서 기본적으로 인터넷의 방대한 텍스트 데이터를 활용해 가르치고 부족한 데이터는 사람의 피드백을 이용해 학습시키는 방법인 RLHF(Reinforcement Learning from Human Feedback)라는 강화학습 방법(One, 2023)을 사용하여 훈련을 시켰기 때문에 전문적인 지식도 일반인 수준 이상을 보여주고 있다.

따라서 언어와 관련된 반복적인 작업이 필요한 대부분의 인간 업무를 대신할 수 있는데, 기존에 사람이 해왔던 자료수집, 정리, 오류 검토 등의 과정이나 변호사, 노무사, 회계사 상담처럼 판결문과 법령이라는 레퍼런스가 뚜렷한 내용이 반복되는 전문가 조언, 프로그래밍 부문에서의 사소하고 반복적인 코딩 업무 등을 처리할 수 있다. 사람은 어떠한 일을 할 것인지 명령을 하거나 시스템의 전반적인 설계를 잡아주는 역할 등을 하게 된다. 즉, 소수의 인력으로도 AI의 기술을 활용하면 더 높은 생산성을 낼 수 있다.

본 연구는 점차 영향력을 넓혀가고 있는 AI가 인간을 위협하는 적대적 존재가 아닌 인간의 동반자로서 가상 인간의 형태로 존재하면 어떨까? 라는 의문에서 시작되었다. 2024년 3월 13일에 ChatGPT 개발사 OpenAI와 휴머노이드 로봇 스타트업 Figure가 협력해 만든 휴머노이드 로봇 Figure01이 공개되었는데(홍민성, 2024), 이 로봇은 OpenAI의 기술을 통해 시각을 통한 물체 인식이 가능하고 추론 및 언어 이해를 제공하게 되었으며, Figure의 로봇 기술을 통한 민첩한 동작을 보여주었다. 사람과 소통하고 사람의 일을 도와주는 이러한 AI 로봇 동영상에 사람들이 열광하고 환호하는 것은 아이언맨의 AI 비서인 J.A.R.V.I.S.나 F.R.I.D.A.Y.와 같이 사람과 협업이 가능한 지능형 AI를 많은 사람이 꿈꾸고 있기 때문이지 않나 생각된다. 결국 근미래에는 인간의 주변에 인간과 협업이 가능한 AI가 다수 존재할 것은 자명한 일이다.

이러한 시대적 흐름 속에서 본 연구는 사실적인 캐릭터를 생성하고 이와 음성으로 인터랙션 하는 가상의 AI를 개발하고자 한다. 특히 활용도와 접근성이 뛰어난 ChatGPT의 기능을 사실적인 가상 캐릭터의 구현이 가능한 언리얼 엔진(Unreal Engine)의 메타휴먼(MetaHuman)에 접목하여 개발하였다. 언리얼은 게임 엔진이지만 다양한 콘텐츠를 제작할 수 있는 도구로, 그 범위는 게임부터 영화, 애니메이션, 건축, 교육, 시뮬레이션, 가상 현실(VR) 등 여러 장르에 걸쳐 있다. 여기에서는 언리얼을 기반으로 개발함으로써 여러 장르의 콘텐츠로 확장할 수 있는 가능성을 열어두고자 하였다. 이에 대한 시발점으로 가상 캐릭터가 사람이 하는 말을 이해할 수 있는 시스템 구현을 위해 OpenAI의 Whisper 기술이 탑재된 언리얼의 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 사용하여 제공된 사람의 음성을 분석하였다. 입력된 대사는 텍스트로 변환이 되는데, 변환된 텍스트는 ChatGPT

로 전달된다. 이것은 VaRest 플러그인을 사용하여 통신을 구현하였으며, 입력된 대사는 ChatGPT API에서 처리된다. ChatGPT API에 요청을 보내고 잠시 후면 응답이 나오는데, 받은 응답 메시지는 MetaHumanSDK 플러그인을 통해 메타휴먼의 얼굴 애니메이션이 생성되고 사용자가 들을 수 있는 말로 표현된다.

## 2. 관련 선행 연구

### 2.1. ChatGPT의 활용과 지능형 NPC

ChatGPT가 발표되고 난 후 그 가능성을 인정한 국내외 연구자들은 ChatGPT에 관련된 연구를 발표하기 시작하였다. 황수민 외(2024)는 최근 늘어나고 있는 ChatGPT의 교육적 활용에 대한 연구 동향을 파악하기 위해 국내외 문헌을 분석하였다. 2024년 2월 29일까지 ‘ChatGPT’를 키워드로 하여 해외 문헌 230편과 국내 문헌 81편을 수집하고, 이를 바탕으로 연구 분야, 연구 목적, 연구 방법, ChatGPT의 활용 범위에 따라 문헌을 분류하였다. 분석에는 R-Studio(ver. 4.3.1) 프로그램과 잠재 디리클레 할당(Latent Dirichlet Allocation, LDA) 토픽 모델링을 사용하여 내재된 토픽을 도출하였다. 연구 분야에서는 해외와 국내 모두 사회과학 분야가 가장 많은 비중을 차지하였으며, 각각 60.43%(139편), 91.36%(74편)로 나타났다. 공학 분야에서는 해외 14.78%(34편), 국내 6.17%(5편)로, 해외 문헌이 국내 문헌보다 두 배 이상 많았다. 연구 목적 측면에서는 해외와 국내 모두 ChatGPT의 잠재력 탐색에 대한 연구가 가장 많았으며, 해외 38.26%(88편), 국내 27.16%(22편)를 차지하였다. ChatGPT의 활용 방안을 구체적으로 분석한 결과, 연구 과정에서 ChatGPT를 직접적으로 활용한 문헌은 해외 230편 중 114편, 국내 81편 중 40편으로, 해외가 국내에 비해 활용이 더욱 활발하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 이를 통해 ChatGPT에 대한 논의가 초기 탐색 단계에서 벗어나 교육 현장에서 적극적으로 적용되고 활용되는 단계로 진입했음을 확인할 수 있었다.

ChatGPT에 대한 연구가 초기 탐색의 단계를 넘어 활용되는 단계로 진입한 지금 이를 활용한 지능형 NPC(Non-Player Character)에 대한 연구도 찾아볼 수 있었다. 강선경과 이민혜의 논문은 게임 내 NPC에 ChatGPT API를 적용하여 지능형 NPC를 구현하는 연구를 다루고 있다(2024). 전통적인 게임에서는 플레이어가 정해진 시나리오와 NPC 스크립트를 따라 문제를 해결하게 되며, 이러한 반복적이고 예측 가능한 패턴은 게임의 몰입도를 저하시키는 문제를 야기했다. 이를 극복하기 위해 생성형 인공지능 기술인 ChatGPT를 활용하여 NPC의 행동 패턴과 대화를 더욱 다양하게 만들어 플레이어의 감정적 요소를 자극하고 몰입감을 높이려는 시도를 하였다. 해당 연구에서는 ChatGPT API와 프롬프트 설계를 통해 게임 템플릿 형태의 웹 기반 챗봇을 구현하고, 이를 바탕으로 감정 지능형 NPC를 개발하였다. NPC의 성격, 말투, 퀘스트 상태, 시나리오 진행 상황, 그리고 플레이어와의 상호작용에 따라 호감도가 변화하는 요소를 고려하여 프롬프트를 작성하였는데, 예를 들어, 플레이어가 NPC에게 특정 행동을 취할 경우, NPC는 미리 설정된 성격과 시나리오에 맞춰 연관된 대화와 반응을 보인다. 이러한 기술이 게임에 실제 적용될 경우, 플레이어의 몰입도를 크게 향상시키고 게임 콘텐츠를 더욱 풍부하게 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 ChatGPT 기반 콘텐츠는 현재 서버 문제, 학습 데이터의 한계, 그리고 비용 문제와 같은 실제 서비스 적용에 있어 여러 어려움이 존재하며, 이러한 문제를 해결하기 위해 보다 구체적인 방안 마련이 필요하다고 지적하였다.

ChatGPT의 활용은 게임 분야뿐 아니라 다른 예술 분야에도 영향을 미치고 있는데, 권세미 외는 AI와의 협업을 통한 희곡 쓰기와 연극에 대한 연구를 발표하였다(2023). 해당 연구는 GPT-3를 활용해 창의적이고 개연성 있는 대화와 희곡 형식의 작품을 생성할 수 있는 가능성을 탐구하고, AI를 단순한 도구가 아닌 콘텐츠의 공동 창작자로 보는 새로운 접근을 제시하였다. 연구의 주요 실험 대상은 XR 콘텐츠인 <Blue Space>로, ‘죽음’을 주제로 한 창작물이었다. <Blue Space>에서는 GPT-3를 사용해 대사와 희곡을 생성하고, 언리얼 엔진의 메타 휴먼을 통해

가상 인간 배우를 제작하였다. 가상 배우의 자연스러운 표정을 위해 Face Live Link 안면인식 서비스를 활용하여, 인간의 스마트폰 카메라로 연기된 표정을 실시간으로 가상 배우의 얼굴에 매핑하여 캐릭터의 표정과 감정을 연기하였다. 이 연구는 AI와 인간이 공연 제작의 전 과정에서 공동으로 창작하는 시도를 통해 창작의 본질에 대해 질문을 던지는 사례를 제시하였으며, AI와 인간이 협업할 수 있는 가능성을 탐색하는 데 의의가 있다. 이렇게 ChatGPT가 기능적인 사용을 넘어, 창작의 과정에서 적극적으로 협업하고 개입함을 지켜본 사람들은 AI로써 ChatGPT가 가지는 존재 가치에 대해 의문을 가지게 되었으며, 이에 대해 사유하는 논문이 발표되었다. 이원진의 연구(2023)는 메타버스와 인공지능 시대에 비인간 NPC 객체의 존재론적 의미를 탐구하는데, NPC를 단순히 수동적인 게임 캐릭터로 간주하는 기존의 관점을 넘어, 이들을 ‘주체 없는 객체’로서 재해석하였다. 이는 서구의 사변적 실재론자들의 이론, 예를 들어 레비 브라이언트의 주체 없는 객체론, 티모시 모튼의 공생적 실재, 그리고 이안 보고스트의 에일리언 현상학 등을 기반으로 하였다. NPC는 더 이상 게임의 배경 요소로 머물지 않고, 인간과의 상호작용을 통해 새로운 형태의 존재가 되는데, 예를 들어, 영화 <프리 가이 Free Guy>(2021)에서 NPC가 스스로의 의지와 행동을 통해 자유롭고 주체적인 존재로 변화한 것처럼 NPC는 인간과의 관계 속에서 능동적인 역할을 수행하며, 이러한 상호작용은 메타버스의 발전과 함께 더욱 활발해지고 있다고 보았다. 또한, 논문은 ‘중동태’라는 개념을 도입하여 능동과 수동을 넘어서, 객체가 상황에 따라 자발적이거나 타의적으로 변화하는 방식으로 비인간 객체의 변화를 설명하였다. 이러한 개념은 비인간 NPC가 게임 세계뿐만 아니라 현실 세계에서도 점점 더 큰 역할을 하게 되는 현상을 설명하는 데 유용하다. 결론적으로, 논문은 인류가 비인간 객체와의 공생을 통해 새로운 존재론적 실천을 탐구해야 한다고 제안한다. 이는 인간중심적인 사고를 넘어, 모든 객체가 서로의 관계 속에서 존재의 의미를 새롭게 정의하는 데 기여할 수 있다는 점을 강조한다.

## 2.2. 메타휴먼 기술을 활용한 사실적 가상 캐릭터

사실적인 가상 캐릭터를 생성하는 것은 컴퓨터 그래픽스 분야에서 늘 난제였다. 사람과 흡사한 외형, 털과 헤어의 표현, 피부 질감 생성 등 여러 문제가 복합적으로 얽혀있고, 바디 애니메이션과 얼굴 애니메이션을 자연스럽게 해결해야만 한다. 이러한 제작상의 난이도 때문에 극사실주의를 추구하는 VFX 회사에서는 여전히 실제 배우와 똑같이 만드는 디지털 더블(Digital Double) 제작에 심혈을 기울이고 있다. 전문가가 아니면 해내기 힘든 제작 과정상의 어려움을 해결하기 위하여 언리얼 엔진(Unreal Engine)을 개발한 에픽 게임스(Epic Games)에서는 2021년 2월에 메타휴먼(MetaHuman)이라고 하는 기술을 발표하였다. 메타휴먼은 에픽 게임스가 공개한 사실적인 가상 캐릭터 제작 시스템으로 클라우드 기반 앱인 메타휴먼 크리에이터를 사용해 디지털 휴먼을 쉽게 제작할 수 있다. 사용자는 웹에서 구동되는 메타휴먼 크리에이터에서 다양한 프리셋을 기반으로 자신만의 가상 인간을 디자인할 수 있으며 완성된 메타휴먼은 움직임 표현을 위한 리깅 시스템까지 탑재되어 언리얼 엔진으로 불러와 사용할 수 있다(유미, 2022).

2022년 6월 메시 투 메타휴먼(Mesh to MetaHuman) 기능이 언리얼 엔진에 추가되었는데, 메시 투 메타휴먼은 사용자의 커스텀 페이스를 메시를 엔진으로 가져와 메타휴먼으로 변환할 수 있는 기능이다. 메타휴먼은 자동으로 리깅 시스템이 탑재되기 때문에 사용자가 가지고 온 캐릭터 메시는 추가적인 리깅 없이 언리얼 엔진 내에서 애니메이션 할 수 있다. 커스텀 페이스를 획득하는 방법은 다양한 방식이 있으며, 송재원의 연구(2022)에서는 포토그래메트리 페이스 스캔(Photogrammetry Facial Scan) 방식을 사용하였다. 해당 연구에서는 Nikon D5600 DSLR 카메라를 활용하여 얼굴에 대한 42장의 이미지를 촬영하였으며, 이미지를 촬영할 때, 빛으로 인한 얼굴 표면의 반사광을 최소화하기 위하여 조명 및 렌즈에 교차 편광(Cross-polarization) 필터링을 수행하였다. 이렇게 획득된 데이터는 Agisoft Metashape 소프트웨어를 통해서 3D 메시 형태로 정합한 후 R3DS Wrap 소프트웨어를 통해 베이스 메시를 스캔 메시에 정합하는 Mesh Registration 을 통하여 리메시 작업을 수행하였다.

전문적인 카메라와 소프트웨어 없이 무료 모바일 3D 스캐너 앱을 통해 메시 투 메타휴먼 기능을 수행한 연구(이랑구, 2023)도 찾아볼 수 있었다. 이 논문에서는 본인의 얼굴을 대상으로 Polycam, KIRI Engine, WIDAR의 세 앱을 선정해 테스트 하였으며, 최종적으로 WIDAR의 파일을 사용하여 커스텀 페이스를 획득하였다. 이후 블렌더에서 3D 메시를 보정하여 언리얼의 메시 투 메타휴먼 기능을 사용하여 가상 캐릭터를 생성하였다.

메타휴먼 기술을 통한 사실적인 가상 캐릭터 생성을 넘어 이를 콘텐츠에 활용하고자 하는 연구도 찾아볼 수 있었는데, 최석영 외 2인의 연구(2022)에서 메타휴먼을 사용한 XR 오페라 사례가 그 예이다. 2022년 9월 4일, 성남문화재단은 성남아트센터 앙상블시어터에서 창작 음악극 <대가들의 수다>를 제작 및 발표하였다. 이 작품에는 XR 콘텐츠 제작 기업 (주)감성놀이터의 디지털 휴먼 '휴(HUE)'가 참여하였다. '휴(HUE)'는 서울산업진흥원의 Open-Lab 지원을 받아 제작되었고, 유럽의 20대 여성 유대생 콘셉트로 설정되어 다양한 감정과 대사를 실시간으로 표현할 수 있도록 설계되었다. (주)감성놀이터는 메타휴먼랩 프로젝트를 통해 디지털 휴먼 '휴(HUE)'를 제작했으며, 이 가상 캐릭터는 극에서 시작과 끝을 담당하며 실시간 상호작용이 가능한 역할을 수행하였다. 여기서 '휴(HUE)'는 메타휴먼 크리에이터와 메시 투 메타휴먼, 모션 캡처, 페이스 애니메이션 기술을 사용하여 구현되었다.

메타휴먼 기술을 활용한 미디어 아트도 발표되었는데, 이지운 외 5인의 연구(2023)에서 메타휴먼 인터랙티브 아트 <MALIKA>를 살펴볼 수 있다. 해당 작품은 극사실적인 가상 인간의 등장으로 '인간다움'의 개념에 대한 의문을 제기하며, 관객은 실시간으로 자신을 모방하는 가상 인간과의 경험을 통해 다양한 감정을 느끼도록 유도한다. 작품에서는 가상인간 Malika와 이를 소개하는 Wallace가 등장하는데, 관객은 작품을 통해서 이들이 인간과 거의 구별되지 않지만, 그들이 감정과 의도를 이해하지 못하는 점에서 가상 인간이 연출된 상황을 재현하는 데 그친다는 것을 깨닫게 된다. 이를 통해 관객은 가상 인간과 인간의 차이를 느끼며 실존을 경험하고, 인간적 디스포리아를 극복하고자 한다. 여기에 전시된 가상 인간 Malika와 Wallace는 극사실적인 가상 인간이라는 컨셉을 가지고 있으며 이를 구현하기 위하여 메타휴먼 기술을 사용하였다.

### 3. 본론

본 연구의 목적은 실시간으로 대화하고 캐릭터의 음성과 표정을 실제 사람처럼 표현함으로써 보다 생동감 있고 인터랙티브한 경험을 제공하기 위한 생성형 AI 기반 가상 캐릭터 개발이다. 가상 캐릭터가 사람의 음성을 인식하기 위해서 OpenAI의 Whisper 모델을 기반으로 한 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 사용하였다. 해당 기술은 사용자의 대화와 같은 실시간 음성에 대한 인식을 통해 오디오 데이터를 텍스트로 변환하며, 이를 통해 추출된 텍스트는 VaRest 플러그인을 사용하여 ChatGPT API 서버로 전송된다. ChatGPT API는 JSON(JavaScript Object Notation) 타입의 데이터를 받을 수 있는데, VaRest 플러그인은 JSON 타입의 요청을 보낼 수 있다. ChatGPT API에 요청을 보내고 잠시 후면 응답이 출력되는데, 받은 응답 텍스트는 메타휴먼의 립싱크를 위한 입력으로 사용된다. 메타휴먼 얼굴 애니메이션 생성을 위해서 MetaHumanSDK 플러그인을 사용하였는데, 해당 기술은 언리얼 메타휴먼과 완전한 통합되어 사실적인 립싱크 애니메이션을 제공한다.

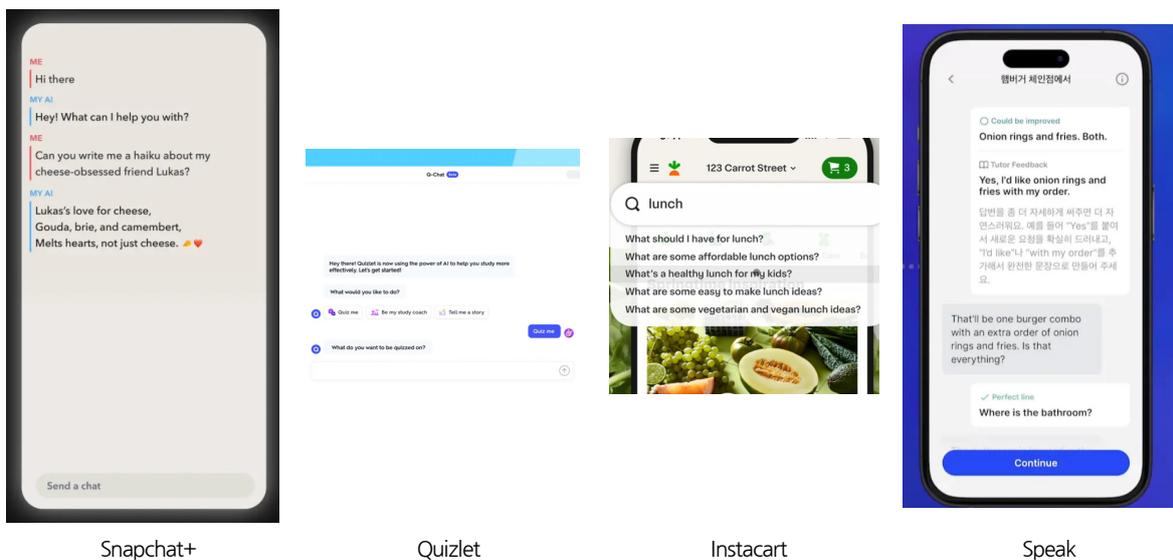
#### 3.1. Runtime Speech Recognition을 활용한 음성 인식

본 논문의 기술적인 구현을 위해서 언리얼의 Runtime Speech Recognizer 플러그인(Treshchev, 2024)을 사용하였다. Runtime Speech Recognizer는 실시간 오프라인 음성 인식을 가능하게 하는 오픈 소스 플러그인으로 Whisper 라이브러리를 기반으로 한 OpenAI 기술을 사용하며, 실시간 또는 비실시간 입력으로 제공된 오디오 데이터를 분석한다. 이 플러그인은 들어오는 오디오 데이터에서 단어를 인식하도록 설계되었으며, 사전 훈련

된 언어모델과 비교한 후 실시간 음성 인식을 제공한다.

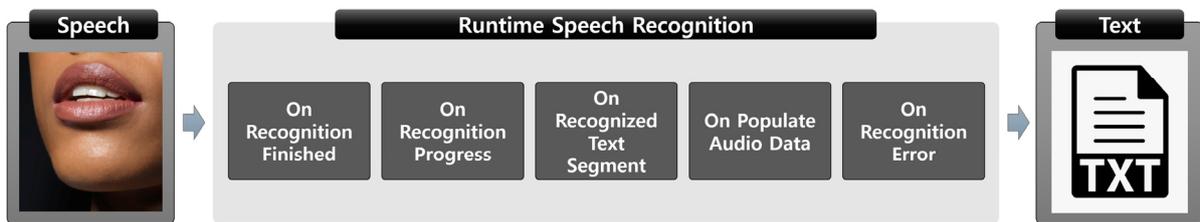
Whisper는 2022년 9월에 OpenAI에서 개발한 자동 음성 인식(Automatic Speech Recognition, ASR) 모델로 오픈 소스로 공개(Whisper, 2023)되었으며, 2022년 12월에는 기존 Large 모델에서 더욱 개선된 Large-v2 모델을 출시했다. 오픈 소스로 공개되었기 때문에 개발자들은 누구나 Whisper 모델을 자신들의 앱과 제품에 통합할 수 있다. ChatGPT 앱의 음성 인식 기능이 Whisper 모델을 기반으로 만들어졌는데, 현재 ChatGPT 및 Whisper 모델이 API로 제공되어 개발자들은 손쉽게 최첨단 언어 및 음성-텍스트 기능을 사용할 수 있다. 이 API는 시스템 최적화를 통해 ChatGPT 비용이 90% 절감되었고, Whisper Large-v2 모델도 더 빠르고 경제적으로 사용할 수 있다고 한다(Brockman et al., 2024). OpenAI는 ChatGPT 모델을 지속적으로 개선하여 향상된 기능을 개발자들에게 제공하고 있는데, 2023년 11월 30일에 GPT-3.5-turbo 모델을 출시하였다. 본 연구에서도 3.2장에서 설명하고 있는 응답 생성 부분에서 해당 ChatGPT 모델을 사용하고 있는데, 이 모델은 ChatGPT 제품에 사용된 동일한 모델로 1,000 토큰당 \$0.002로 기존 GPT-3.5 모델보다 10배 저렴하다. 현재는 GPT-4-turbo까지 개발되어 2023년 11월 6일 공개되었다. 다만, Runtime Speech Recognizer 플러그인은 ChatGPT에서 제공하는 플러그인이 아닌 만큼 ChatGPT API로 제공된 것이 아니며, ChatGPT 모델과는 관련이 없다. 그러나 오픈 소스로 제공된 Whisper 모델의 기능을 결합시켰기 때문에 ChatGPT와 흡사한 수준의 음성 인식 기능을 구현해 내고 있다.

Whisper 모델과 GPT-3.5를 자신들의 앱 혹은 제품에 통합한 사례(Brockman et al., 2024)는 이미 상용화 된 앱에서도 찾아볼 수 있다. Snap Inc.에서 서비스 중인 미국의 모바일 메신저인 스냅챗(Snapchat)은 2023년 2월에 유료 요금제인 스냅챗+(Snapchat+) 사용자용 My AI를 도입했다. 이 기능은 GPT-3.5 API를 기반으로 작동하는데, 사용자들에게 맞춤형 챗봇을 제공하며, 챗봇을 통해 관련된 추천을 제시하고 친구를 위한 하이쿠도 작성할 수 있다. Quizlet은 전 세계 6천만 명 이상의 학생들이 학습을 위해 사용하는 글로벌 학습 플랫폼으로 지난 3년간 OpenAI와 협력하여 어휘 학습 및 연습 시험 등 여러 용도에서 GPT-3를 활용한 바 있다. Instacart는 기존 앱을 개선하여 고객들이 음식에 대해 질문하고 답변을 제공할 때 OpenAI의 기술을 사용한다. 국내에서 개발된 Speak는 AI 기반 언어 학습 앱으로, 구어 유창성을 향상시키는 영어 앱이다. 앱에서 AI 스피킹 동반자 기능을 구동하기 위해 Whisper API를 사용하고 있으며, 전 세계로 사용자 확대에 힘쓰고 있다. 즉, Whisper 모델을 사용한 앱들은 언어에 있어 사람 수준의 정확도를 제공하여 실제로 개방형 대화가 가능하고 이에 대한 정확한 피드백을 가능하게 한다.



<그림 1> Whisper 모델을 사용한 앱들(Brockman et al., 2024)

본 연구에서 Whisper 모델이 탑재된 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 사용하기 위해서는 플러그인에서 제시하는 함수들을 적재적소에 배치해야 하는데, 본 논문에서는 메타휴먼에 AI를 탑재하고자 하였기 때문에 메타휴먼을 콰셀 브릿지를 통해 생성한 후 생성한 메타휴먼의 블루프린트에 Runtime Speech Recognizer의 기능들을 구현하였다. Runtime Speech Recognizer의 음성 인식기 생성을 위해서 Create Speech Recognizer 함수를 사용하였으며, 필요한 매개변수를 설정해 주었다. 필요한 델리게이트에 바인딩하기 위해서 On Recognition Finished, On Recognition Progress, On Recognized Text Segment, On Populate Audio Data, On Recognition Error 등의 함수를 사용하였으며, Runtime Speech Recognizer에 사전 정의된 에러 함수, 완료 함수, 진행 함수 등을 호출하였다. 이 중 On Populate Audio Data 함수는 실시간으로 사용자가 말하는 음성을 32비트 부동 소수점 인터리브 PCM 형식의 오디오 데이터로 저장한다. 입력된 오디오는 On Recognized Text Segment에서 텍스트로 변환이 되는데, 변환된 텍스트는 다음 단계인 ChatGPT의 입력값으로 들어간다.



〈그림 2〉 언리얼의 Runtime Speech Recognition을 활용한 음성 인식(본인 작성)

### 3.2. VaRest 기반 ChatGPT API 연동

3.1장에서 언급한 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 통해 추출된 텍스트는 ChatGPT API의 서버로 전달되고 입력이 된 후에 응답을 받을 수 있다. 여기서 입력하는 대화문을 일반적으로 ‘프롬프트(Prompt)’라고 하는데, API를 사용하는 경우 ‘요청(Request)’이라고 하는 단어를 많이 사용한다. 그리고 이에 대한 AI의 답변 생성을 두고 ‘응답(Response)’이 생성된다고 표현한다. 응답을 받기 위해서는 토큰(Token)이라는 개념이 사용되며, 이는 유료 구독제인 ChatGPT Plus를 이용해야 받을 수 있다. 본 논문에서는 GPT-3.5-turbo를 사용하고 있는데, 2023년 3월에 OpenAI의 최신 언어모델인 GPT-4와 11월에 GPT-4-turbo가 출시되었으며, 이 역시 ChatGPT Plus 가입자만 사용할 수 있다.

ChatGPT와 통신을 하기 위해서는 VaRest 플러그인(Alyamkin, 2016)을 설치해야 한다. VaRest는 언리얼 엔진에서 REST API와의 상호작용을 쉽게 할 수 있도록 도와주는 플러그인이다. 이를 통해 개발자는 C++ 코드를 작성할 필요 없이 블루프린트를 사용하여 REST 네트워크 기능을 손쉽게 구현할 수 있으며, 다양한 HTTP/HTTPS 요청을 관리하고 데이터를 처리할 수 있다. ChatGPT API는 JSON(JavaScript Object Notation) 타입의 데이터를 받을 수 있는데, VaRest 플러그인은 JSON 타입의 요청을 보낼 수 있다. JSON은 데이터 교환 형식으로 널리 사용되며, ChatGPT와 같은 언어모델을 사용할 때 중요한 역할을 한다. ChatGPT API와 통신할 때, 사용자가 API를 통해 질문을 보내면, 요청 데이터는 JSON 형식으로 전달되고, 마찬가지로, ChatGPT의 응답도 JSON 형식으로 반환된다.

```

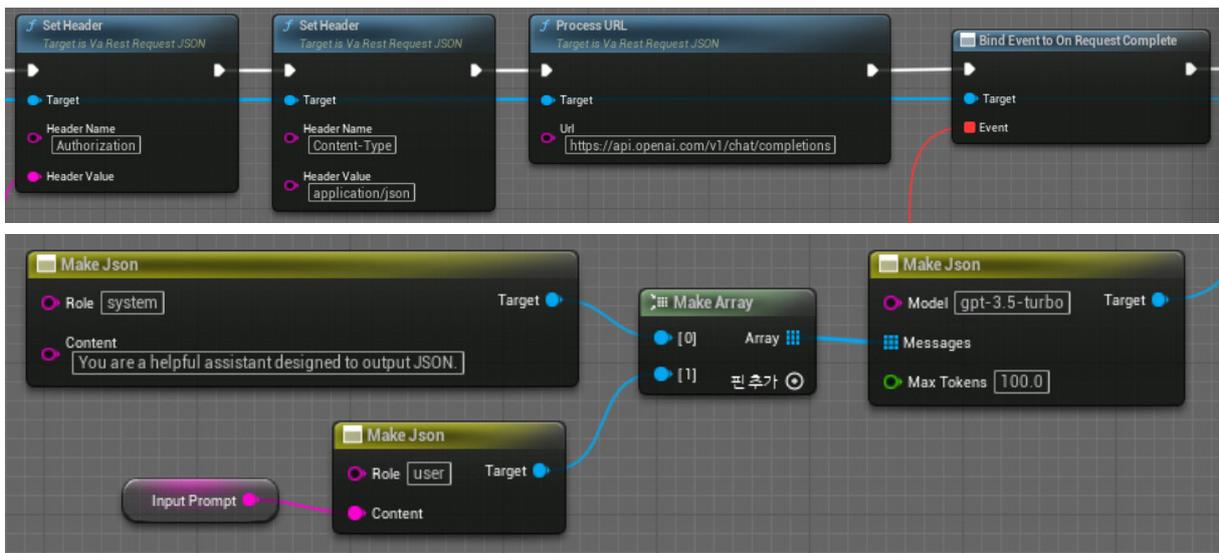
Example request
gpt-4o curl
1 curl https://api.openai.com/v1/chat/completions \
2 -H "Content-Type: application/json" \
3 -H "Authorization: Bearer $OPENAI_API_KEY" \
4 -d '{
5   "model": "gpt-4o",
6   "messages": [
7     {
8       "role": "system",
9       "content": "You are a helpful assistant."
10    },
11    {
12     "role": "user",
13     "content": "Hello!"
14    }
15  ]
16 }'

Response
1 {
2   "id": "chatcmpl-123",
3   "object": "chat.completion",
4   "created": 1677652288,
5   "model": "gpt-4o-mini",
6   "system_fingerprint": "fp_44709d6fcb",
7   "choices": [[
8     "index": 0,
9     "message": {
10      "role": "assistant",
11      "content": "\n\nHello there, how may I assist you?"
12    },
13     "logprobs": null,
14     "finish_reason": "stop"
15   ]],
16   "usage": {

```

<그림 3> ChatGPT API의 요청(Request)과 응답(Response)의 예시(Create Chat Completion, n.d.)

언리얼의 블루프린트로 구현할 때는 Construct Json Request 함수를 호출해 VaRest Subsystem에 연결한다. <그림 3>은 OpenAI가 제공하는 ChatGPT API Reference 문서의 일부인데, API에 요청하는 법에 대한 예시를 보여주고 있다. 왼쪽의 예시에서 알 수 있듯이 JSON 파일에는 Model과 Messages가 입력되어야 한다. 따라서 Make Json 함수를 통해 텍스트 타입의 명령줄을 생성하도록 한다. 또한, 두 개의 헤더파일이 존재하는데, Set Header 함수를 통해 헤더파일을 생성시킨다. 여기에서 OpenAI의 API Key가 필요한데, 이는 ChatGPT API 홈페이지에서 개인마다 각각 받을 수 있다. 마지막으로 URL 주소를 넣어서 JSON 파일을 완성하면 API에 Request를 보낼 수 있다. <그림 4>는 <그림 3>의 요청 예시를 블루프린트로 구현한 이미지이다. ChatGPT API에 요청을 보내고 잠시 후면 응답이 출력되는데, 받은 응답 메시지는 3.3장에 서술할 MetaHuman의 립싱크를 위한 입력으로 사용된다.



<그림 4> 블루프린트로 구현된 ChatGPT API의 요청(Request)(본인 작성)

### 3.3. MetaHumanSDK를 활용한 메타휴먼 얼굴 애니메이션

메타휴먼은 언리얼 엔진을 개발한 에픽 게임스(Epic Games)에서 제공하는 가상인간 시스템으로 실제 사람을 스캔하여 폭넓은 데이터 베이스를 구축하였기 때문에 사용자가 원하는 다양한 프리셋을 제공한다(유미, 2022). 또한, 메타휴먼을 활용하면 고품질의 디지털 휴먼 및 페이스 리그를 손쉽게 제작하고 활용할 수 있으며, 언리얼 엔진에서 애니메이션을 바로 적용할 수 있다(송재원, 2022). 따라서, 본 연구에서는 메타휴먼이 가진 장점에 주목하여 사용자의 질문을 듣고 ChatGPT로 응답을 생성한 후 이에 맞는 메타휴먼의 얼굴 애니메이션이 생성되도록 구현하였다.

메타휴먼 얼굴 애니메이션 생성을 위해서 MetaHumanSDK 플러그인을 사용하였는데, 해당 플러그인을 사용하기 위해서는 Epic Games Launcher의 마켓 플레이스에서 MetaHumanSDK 플러그인을 설치해야 한다. MetaHumanSDK의 제품 이름이 메타휴먼(MetaHuman)과 흡사하기 때문에 에픽 게임스에서 정식 출품된 것이라고 혼동될 수 있으나 에픽 게임스에서 개발된 것은 아니다. 다만, MetaHumanSDK가 메타휴먼을 바탕으로 만들어졌기 때문에 메타휴먼과 호환성이 매우 뛰어난 플러그인(MetaHumanSDK, n.d.)이라고 이해하면 된다. 메타휴먼과 호환성이 매우 뛰어나기 때문에 현재 메타휴먼 크리에이터로 생성할 수 있는 대부분의 메타휴먼에 적용할 수 있다.

MetaHumanSDK는 언리얼 엔진에서 사용 가능한 자동화 AI 솔루션으로 오디오 및 텍스트 입력을 기반으로 사실적인 립싱크 애니메이션을 제공한다. 언리얼 메타휴먼과 완전히 통합되어 있기 때문에 Facial Rig에 접근해 다양한 얼굴 표정을 생성할 수 있으며, ARKit이나 FACS와 호환되는 모든 리그를 지원한다. 런타임 API 블루프린트를 사용하여 애니메이션을 생성할 수도 있으며, MetaHumanSDK의 기능을 통해 애니메이션 과정을 단순화하고 가속화하여 고품질의 결과물을 더 빠르게 제작할 수 있다. 또한 음성 합성을 위한 연결 모듈도 포함되어 있기 때문에 텍스트에 TTS(Text to Speech)기술을 적용시켜 말하는 얼굴 애니메이션을 생성할 수도 있다. 본 연구에서는 퀵셀 브릿지를 통해 생성한 메타휴먼에 MetaHumanSDK의 기능인 Talk Component를 추가함으로써 구현하였으며, ChatGPT에서 받은 응답을 바탕으로 말하는 얼굴 애니메이션을 완성하였다.



〈그림 5〉 얼굴 애니메이션 적용 전(좌)과 후(우)(본인 작성)

## 4. 결과

본 연구는 점차 영향력을 넓혀가고 있는 AI를 인간 친화적 존재인 가상 인간의 형태로 존재하게 함으로써 활용 가능성을 엿보고자 하였다. 구체적으로 생성형 AI의 돌풍을 몰고 온 OpenAI사의 ChatGPT를 언리얼 엔진의 메타휴먼이라는 가상 캐릭터와 연동하여 사람과 대화하듯이 존재할 수 있도록 개발하였다. 이 가상 인간은

사용자의 대화를 듣고 인지하여 텍스트를 추출한 후 ChatGPT에 사용자의 질문을 전달하고 이후 생성된 답변을 음성과 얼굴 애니메이션으로 응답하는 과정을 포함한다.

개발된 가상 인간이 사용자와의 대화를 통해 웹에서 접속 가능한 ChatGPT(<https://chatgpt.com/>)와 흡사한 기능을 제공하는지 테스트하기 위하여 몇 가지 질문을 던져보았다. <그림 6>은 질문에 대하여 ChatGPT로부터 받은 응답을 말하는 가상 캐릭터의 모습으로, 대답하는 단어에 따라 얼굴 애니메이션이 자연스럽게 생성되는 모습을 확인할 수 있다.



<그림 6> 질문에 대답하는 가상 캐릭터(본인 작성)

가상 캐릭터의 대답이 물어보는 질문에 대하여 ChatGPT가 응답하는 것과 같은 자연스러운 대화를 생성해 내는지 비교 분석하기 위하여 OpenAI사 홈페이지에서 제공하는 ChatGPT에도 같은 질문을 제시하였다. 질문으로는 너무 복잡하거나 전문적인 지식이 필요한 것보다는 일반적이고 객관적인 내용으로 정확한 답을 생성해 낼 수 있는지 파악하기 위한 질문과 생성형 AI의 장점인 글을 생성해 내는 기능을 활용할 수 있는 질문으로 구성하였다. 개발된 캐릭터는 대답을 음성으로 하기 때문에 결과물을 확인하기 위해서 대사를 화면에 출력하도록 하여 비교한다.

첫 번째 질문은 “What is the ocean?”이라는 질문으로 이에 대한 응답은 <표 1>에서 확인할 수 있다. 말하는 대사를 화면 캡처한 것이기 때문에 가독성이 다소 떨어지는 점에 대해 미리 양해를 구한다. ChatGPT가 생성형 AI이기 때문에 가상 캐릭터의 대사와 웹에서 획득한 ChatGPT의 내용이 100% 정확히 일치하지는 않지만, 전체적으로 비슷한 응답을 제시하고 있는 것으로 파악된다. 다만 가상 캐릭터의 경우 사용자를 바라보며 말로써 전달하기 때문에 글로 전달받는 것보다 좀 더 친근하게 다가올 수 있다.

<표 1> “What is the ocean?”에 대한 응답(본인 작성)

	응답
가상 캐릭터	<p>The ocean is a vast body of saltwater that covers about 71% of the Earth's surface. It is divided into five main oceans: the Pacific Ocean, the Atlantic Ocean, the Indian Ocean, the Southern Ocean, and the Arctic Ocean.</p> <p>Oceans are essential for regulating the Earth's climate, providing a habitat for a wide variety of marine organisms.</p>
웹용 ChatGPT	<p>The ocean is a vast body of saltwater that covers about 71% of Earth's surface. It is divided into five major oceans: the Pacific, Atlantic, Indian, Southern, and Arctic. Oceans are crucial to life on Earth, as they regulate the climate, provide a habitat for countless marine species, and supply resources such as food, minerals, and energy. Oceans also play a key role in the water cycle by facilitating the evaporation and precipitation that replenishes fresh water on land.</p>

두 번째 질문은 생성형 AI의 장점인 글쓰기를 테스트하기 위한 질문을 던져보았다. “Write a poem about

flowers.”라는 질문으로 꽃에 대한 시를 하나 써보라고 하였다. 가상 캐릭터와 웹용 ChatGPT 모두 꽃이라는 주제에 맞는 적절한 시를 작문하였다. <표 2>에서 좌측에는 가상 캐릭터가 생성한 시의 예시 두 개와 웹용 ChatGPT가 지은 시에 대한 예시(우)를 확인할 수 있다.

<표 2> “Write a poem about flowers.”에 대한 응답(본인 작성)

가상 캐릭터	웹용 ChatGPT
<pre> {   "poem": {     "title": "Blossoms of Beauty",     "lines": [       "In the garden of colors, blooms a sight divine",       "Petals soft as whispers, under the sun they shine",       "Flowers of many hues, a dazzling display",       "Nature's artistry on full grand display",       "Each blossom a masterpiece, a fragrant delight",       "In every petal's dance, enchantment takes flight"     ]   } }  {   "poem": {     "title": "The Beauty of Flowers",     "author": "Anonymous",     "lines": [       "In a garden of colors, the flowers dance with grace",       "Their petals soft and delicate, a smile on their face.",       "Each bloom a masterpiece, a work of art so fine,",       "Whispering tales of beauty, in every design.",       "From the humble daisy to the regal rose so grand           </pre>	<p>In gardens where the soft winds play, The flowers bloom in bright array. Their petals whisper tales of spring, As bees and birds begin to sing.</p> <p>The roses blush in red and gold, With secrets in their hearts untold. The lilies stand in purest white, A symbol of the morning light.</p> <p>The daisies dance in fields of green, Their faces turned to skies serene. And violets, shy in shades of blue, Hold dreams of evening's quiet hue.</p> <p>Each flower tells a story sweet, Of nature's art, so pure, complete. A fleeting beauty, brief yet bright, They grace the world with gentle light.</p>

마지막으로 “How are you feeling today?”라는 질문을 던졌는데, ChatGPT는 사람이 아니기 때문에 감정이나 생각을 물어보는 질문에 “AI 모델로써 저는 생각이나 감정이 없습니다.”라는 답변으로 거절한다. 가상 캐릭터의 대답 역시 비슷하게 나왔다.

<표 3> “How are you feeling today?”에 대한 응답(본인 작성)

응답	
가상 캐릭터	<p>Thank you for asking! I'm just a computer program, so I don't have feelings, but I'm here to help you with any questions or tasks you have.</p>
웹용 ChatGPT	<p>I'm just a program, so I don't have feelings, but I'm here and ready to help you with anything you need! How can I assist you today?</p>

## 5. 결론

최근 생성형 AI가 발전하면서 일상의 많은 부분에서 AI의 기술이 접목되고 있다. 검색 시장, 챗봇, 교육, 출판 등 광범위한 분야에 AI가 적용되고 있으며, 앞으로 더 많은 분야에 깊숙이 자리 잡게 될 것으로 예측된다. AI가 확대됨에 따라 인간의 삶 주변에 더 많은 AI 기술이 자리 잡게 되는데, 본 연구에서는 기술적 존재인 AI에게 인간에게 친숙한 형태를 부여함으로써 앞으로 다가올 AI와의 공존에 대하여 생각해 보고 시험적으로 경험해 보고자 AI 가상 캐릭터를 개발하였다. 최근 개발된 ChatGPT와 같은 자연어 인공지능 프로그램들은 사람이 다른 사람과 대화하는 것과 흡사한 수준의 대화가 가능해졌는데, 이를 사실적인 가상 인간과 대화하도록 구

현하면 화면 너머의 누군가와 실제로 대화하는 것 같은 경험을 제공할 수 있다. 머지않은 근미래에는 이러한 AI 가상 인간이 인간의 조력자가 되어 개개인의 주변에 머무를 가능성이 매우 높으며 이를 활용한 서비스가 제공될 것으로 예상된다. 이에 본 연구는 ChatGPT를 활용하여 사실적인 가상 캐릭터를 개발하였다.

가상 캐릭터가 ChatGPT와 같은 인터랙션을 주고받기 위해서는 사람이 하는 말을 이해해야 한다. 사실 자연어 인공지능 언어모델은 생각하는 기계가 아니기 때문에 스스로 단어나 대화의 의미를 이해하는 일은 일어날 수 없다. 다만 학습된 데이터를 바탕으로 다음에 올 단어를 확률적으로 계산해 가장 그럴듯한 문장을 생성하는데 그러기 위해서는 우선 사람의 질문을 인식해야 한다. 본 연구에서는 이를 위해 OpenAI의 Whisper 기술이 탑재된 언리얼의 Runtime Speech Recognizer 플러그인을 사용하여 제공된 사람의 오디오 데이터를 분석하였다. 입력된 오디오는 텍스트로 변환이 되는데, 변환된 텍스트는 ChatGPT의 입력값으로 들어간다. 입력된 데이터의 ChatGPT와 통신을 위해 VaRest 플러그인을 사용하여 입력된 대사를 전달하였다. ChatGPT API에 요청을 보내고 잠시 후면 응답이 출력되는데, 받은 응답 메시지는 MetaHumanSDK에 입력되어 메타휴먼 얼굴 애니메이션이 생성된다. 개발된 가상 캐릭터가 웹에서 구동되는 ChatGPT와 비슷한 성능을 제공하는지 테스트를 진행하였는데, 생성형 AI이기 때문에 모든 대답이 똑같을 수는 없지만 비슷한 맥락의 대화를 생성해 내는 것을 알 수 있었다.

본 연구에서 생성형 AI의 기술을 적용하여 사람과 대화가 가능한 사실적인 가상 캐릭터를 개발하였으나, 아직 몇 가지 한계점을 가지고 있다. MetaHumanSDK 기술은 얼굴 애니메이션에 대한 솔루션이기 때문에 현재에는 바디 애니메이션은 제공되고 있지 않다. 그러나 대화라는 행위에는 바디 애니메이션도 포함되기 때문에 말을 할 때 머리 움직임이나 몸의 움직임이 존재한다. 또한, 현재 구동되는 언어가 영어로 구현되어 있는데, 아직 한국어로 확장을 하지 못하였다. 따라서 향후 이 연구의 연장선상에서 추가적인 연구를 진행하고자 한다. 이는 더 인간다운 AI 캐릭터를 찾고자 하는 여정으로 더 인간다운 AI를 개발하고자 하는데 목적이 있기 때문이다.

## 참고문헌

- 강선경, 이민혜. (2024). ChatGPT API를 이용한 지능형 NPC 연구. *한국정보통신학회논문지*, 28(4), 405-411. <http://10.6109/jkiice.2024.28.4.405>
- 권세미, 김다예, 정다샘. (2023). Play with AI: GPT-3를 이용한 희곡 쓰기 및 가상 인간과의 연기 연구: XR 콘텐츠 'Blue Space' 제작 사례를 중심으로. *한국HCI학회 학술대회 발표논문집*, 1428-1431.
- 송재원. (2022). Unreal Metahuman 및 페이스 스캔을 이용한 디지털 더블 제작. *한국컴퓨터그래픽스학회 학술대회논문집*, 105-106.
- 양재희. (2024). 생성형 AI를 활용한 영상작품 제작: 본인 작품 '기억의 전경'을 중심으로. *한국영상학회논문집*, 22(4), 5-21. <https://doi.org/10.14728/KCP.2024.22.04.005>
- 유미. (2022). 메타휴먼을 활용한 디지털 휴먼 제작 교육 프로그램 개발. *한국영상학회논문집*, 20(6), 37-50. <https://doi.org/10.14728/KCP.2022.20.06.037>
- 이량구. (2023). 3D 스캐너 모바일 앱을 활용한 메타휴먼 아바타 제작 기법 연구. *디지털콘텐츠학회논문지*, 24(2), 379-384. <https://doi.org/10.9728/dcs.2023.24.2.379>
- 이원진. (2023). 비인간 NPC 객체에 대한 존재론적 시론: 챗 GPT 등장에 따른 NPC(Non Player Character)의 주체 없는 객체론. *철학·사상·문화*, 42, 248-272. <https://doi.org/10.33639/ptc.2023.42.011>
- 이지윤, 권준하, 김유진, 김세아, 손원우, 주다영. (2023). 메타휴먼 인터랙티브 아트 'MALIKA'. *한국HCI학회 학술대회 발표논문집*, 1355-1358.
- 최석영, 김미리, 정의태. (2022). 메타휴먼 크리에이터를 활용한 디지털 휴먼 워크플로우: XR 오페라 <대가

- 들의 수다)의 디지털 휴먼 ‘휴(HUE)’를 중심으로. *한국영상학회논문집*, 20(6), 63-77.  
<https://doi.org/10.14728/KCP.2022.20.06.063>
- 황수민, 이화연, 이정민. (2024). 고등교육에서 ChatGPT의 교육적 활용에 대한 연구 동향: LDA 토픽 모델링을 중심으로. *한국콘텐츠학회논문지*, 24(7), 458-472. <http://10.5392/JKCA.2024.24.07.458>
  - 홍민성. (2024.3.14.). “정말 미친 짓”...AI 로봇 ‘피규어 01’에 전세계 ‘충격’. *한국경제*.  
<https://www.hankyung.com/article/2024031488877>
  - Alyamkin, V. (2016, May 6). *VaRest* [Web log post].  
<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/varest-plugin>
  - Brockman, G., Eleti, A., Georges, E., Jang, J., Kilpatrick, L., Lim, R., Miller, L., & Pokrass, M. (2024, April 24). *Introducing APIs for GPT-3.5 Turbo and Whisper* [Web log post].  
<https://openai.com/index/introducing-chatgpt-and-whisper-apis/>
  - Create Chat Completion. (n.d.). Retrieved August 6, 2024, from ChatGPT API Reference website,  
<https://platform.openai.com/docs/api-reference/chat/create>
  - Jovanovic, M., & Campbell, M. (2022). Generative Artificial Intelligence: Trends and Prospects. *Computer*, 55(10), 107-112. <https://doi.org/10.1109/MC.2022.3192720>
  - MetaHumanSDK. (n.d.). Retrieved August 7, 2024, from MetaHumanSDK website,  
<https://metahumansdk.io/>
  - One. (2023.3.16.). ChatGPT 원리는 무엇이고, 어떻게 학습되었을까? *데보션*.  
<https://devocean.sk.com/blog/techBoardDetail.do?ID=164626&boardType=techBlog>
  - Perrigo, B. (2023, April 13). The A to Z of Artificial Intelligence. *Time*.  
<https://time.com/6271657/a-to-z-of-artificial-intelligence/>
  - Treshchev, G. (2024, January 23). *Voice Recognition: Runtime Speech Recognizer* [Web log post].  
<https://github.com/gtreshchev/RuntimeSpeechRecognizer/wiki>
  - Whisper. (2023, November 18). *openai/whisper* [Web log post]. <https://github.com/openai/whisper>

투고일: 2024-09-12  
심사일: 2024-09-20  
게재확정일: 2024-10-14