

# Exploring the Effects of the Virtual Human with Physicality on Co-presence and Emotional Response

Kwang-Seong Shin\*, Dongsik Jo\*

## Abstract

With continued technology innovation in the fields of computer graphics (CG) and virtual reality (VR), digital animated avatars (or virtual humans) are evolving into ones that are more interactive at a suitable location such as museum, airport, and shopping mall. Specially, the form of the avatar (or the virtual human) realistically need to be expressed in a way that matches the users' physical space. In recent many researches, the form of virtual human has been expressed as mixed-reality human (MRH)-the virtual human combines with the physicality as the real part. In this paper, we propose to carry out a study comparing various MRH on co-presence and emotional response in two-typed virtual humans depending on how many actual parts are included: (1) (Level 1) small parts in the virtual human combined virtual components (e.g., the head only) and (2) (Level 2) large parts in the virtual human with the physicality as the real part such as head, arms, and upper body). We report on the implemented results of our virtual humans and experimental results on co-presence and emotional response.

▶ Keyword: Virtual human, Mixed-reality human, MRH, Co-presence, Emotional response

## 1. Introduction

최근, 국방, 의료, 산업, 유통 등 다양한 분야에서 가상 아바타 형태의 virtual human (가상 휴먼)을 이용하여 교육, 훈련, 정보 가이드, 홍보 전시 등으로 널리 활용되고 있다. 또한, business 미팅과 communication 수단으로 널리 활용되고 있는 원격 화상 회의 (tele-conference) 시스템에서도 실제 사람이 원격지에 갈 수가 없으므로 Mixed-reality (MR) 혹은 Augmented-reality (AR) 기반의 가상 휴먼 형태로 표현하여 회의를 진행하는 방식에 대한 연구가 점진적으로 증가하고 있다 [1-3]. 이러한 가상 휴먼은 실제 상황에서 일어나기 힘들거나 어려운 상황을 연출하여 (예. 전투 훈련을 위해 상대 적들을 심문하는 과정을 연출) 사용자들에게 경험하기 힘든 상황을 체험하는 것이 가능하도록 한다.

최근, 사용자의 모션, 음성 등 사용자 상황 및 주변 상황을 센싱하는 기술이 급속하게 발전하였고, 가상 휴먼을 제작하는 과정도 point

cloud 형태로 쉽고 빠르게 만들 수 있는 것이 가능해 졌다. 예를 들면, depth 카메라가 부착된 센서를 이용하여 즉각적으로 사용자의 형상을 캡처하여 원격지로 전송하는 기술이 발표된 바 있다 [4-5]. 또한, 사용자의 위치를 관절별로 트래킹하여 자세를 알아내어 가상의 캐릭터와 상호작용하는 기술의 발전이 지속되어 오고 있다 [6]. 이러한 가상 휴먼을 표현하는 시스템을 구축하기 위해서는 어떠한 형태로 가상 휴먼을 구성하는 것이 좋을지를 제일 우선적으로 고려해야 할 것이다. 예를 들면, 가상 휴먼의 구성은 휴머노이드 로봇의 한 형태처럼 태블릿 PC를 이용하여 얼굴 애니메이션을 수행할 수도 있고, 대형 디스플레이에서 전신을 표현할 수도 있을 것이다. 따라서, 적용하려는 장소와 시나리오에 따라 가상 휴먼을 어떻게 표현하는 것이 좋을 것인가를 결정할 필요가 있다.

Fig. 1은 가상으로 표현한 가상 휴먼의 일부와 실제 물체로

• First Author: Kwang-Seong Shin, Corresponding Author: Dongsik Jo

\*Kwang-Seong Shin (waver0920@wku.ac.kr), Professor, Dept. of Digital Contents Engineering, Wonkwang Univ.

\*Dongsik Jo (dongsik1005@wku.ac.kr), Professor, Dept. of Digital Contents Engineering, Wonkwang Univ.

• Received: 2018. 12. 17, Revised: 2018. 12. 26, Accepted: 2018. 12. 27.

• This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. 2018R1C1B5043314)

표현된 마네킹 밀랍을 결합한 구성 방법을 보여주고 있고, 실제 밀랍인형과 같은 physicality와 가상 휴먼의 결합된 형태를 다양화할 수 있다. 예를 들면, 쇼펍 센터에서 마네킹은 전체가 밀랍인형과 같이 되어 있는데 얼굴만 가상 휴먼, 상반신만 가상 휴먼, 신발 위에 모두를 가상 휴먼, 전신 전체를 가상 휴먼 형태 등 다양한 형태로 만드는 것이 가능할 것이다. 이러한 다양한 형태의 가상 휴먼에서 구현에 필요한 비용과 작업 시간 등을 고려하여 어떻게 표현하면 최소한의 구성과 노력으로 최대한의 benefit을 가질 수 있도록 하는 것이 알아내는 것이 중요하다고 할 수 있다. 예를 들면, 모든 전신을 가상으로 구성한 가상 휴먼은 사용자가 나와 같이 있다는 느낌을 얼마나 제공 받는지 혹은 감성적인 느낌을 얼마나 받는지 알아내어 구축 장소, 상호작용 시나리오, 가상 휴먼 구축의 필요성 등에 따라 가상 휴먼을 구성하는 방법을 효율적으로 제공하는 방법을 알아 낼 수 있을 것이다.

따라서, 본 논문에서는 가상 휴먼의 가시화를 위한 형태, 실제-가상과의 구성 정도 (예. 가상 휴먼을 가상으로 얼굴만 표현하거나 혹은 가상 휴먼을 상반신으로 표현 등)에 관한 영향을 측정하고, 사용자들에 효과적인 가상 휴먼 표현 방법을 제시하고 한다. 이를 위해 가상 휴먼의 표현 방법을 2가지 형태로 구성하여 피실험자에 대해 Co-presence (나와 같은 공간에 있다는 느낌) 과 Emotional Response (사용자와 가상 휴먼의 상호작용에 따른 감성적인 느낌에 대한 정도)에 관한 반응을 측정하고 분석하였다.

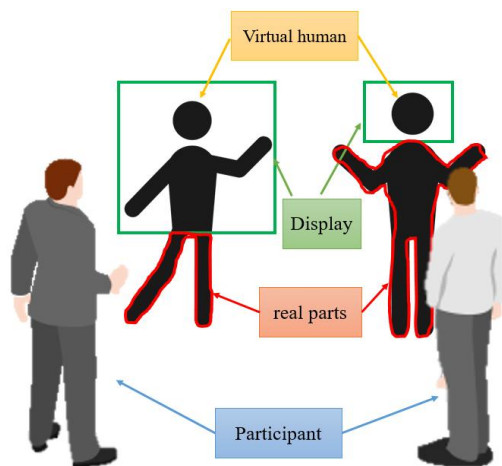


Fig. 1. Real-virtual configuration: Upper body to make parts of a virtual human (left), the virtual human to create head only (right)

## II. Related Works

최근, 가상 휴먼 형태의 비교 혹은 가상 휴먼과 사용자와 상호작용에 대한 많은 연구 결과가 발표되었다. Pan et al. 의 연구에서는 가상 휴먼(혹은 아바타)과 비디오, 로봇 3가지 미디어의 형태를 가지고 사용자와 상호작용 하였을 경우 신뢰도(trust)를 비교하는 실험을 수행하였다 [7]. 또한, Jo et al. 은 가상 휴먼을 이용하여

자신의 현재 입은 옷과 아닌 경우에 대한 visual similarity에 대한 연구 결과를 발표하였다 [8]. 하지만, 이 연구들에서 가상 휴먼은 전신을 모두 가상으로 제작하고, 가시화하여 표현하였다. Lok et al.의 연구에서는 가상 휴먼에 실제 밀랍 (마네킹)과 같은 모형을 결합한 physicality를 포함하여 실험을 수행하였지만 이 연구에서는 다양한 형태의 physicality 혹은 level의 차이를 구분한 physicality에 대한 차이점을 분석하지는 않았다 [9].

가상 휴먼을 이용하여 사용자와 상호작용을 통해 실험을 수행하는 대부분의 연구는 가상 휴먼을 통해서 피실험자가 나와 같이 있다는 느낌의 co-presence [8], 얼마나 신뢰가 있는지에 대한 평가 [7], 가상 휴먼을 통해서 감정의 변화가 얼마나 발생하였는지에 대한 평가 [10] 등을 측정하는 변수로 차이점을 비교한다. 본 논문에서는 Fig.1과 같이 physicality 차이를 가지고, 서로 다른 2가지 형태의 가상 휴먼 형태를 구성하여, 나와 같이 있다는 느낌에 대한 co-presence, 감정의 변화가 있었는지를 평가하는 emotional response를 측정하였다.

## III. Implementation

본 연구에서는 2가지 형태의 level을 가지고, 가상 휴먼을 구분하여 구현하였다. Level 1은 가상 휴먼의 머리만을 가상으로 구성하고, 나머지 부분은 실제 마네킹으로 구성하였다. Level 2는 머리/팔/상반신을 가상으로 구성하고, 나머지 부분들(하반신)은 실제 마네킹으로 구성하였다. Fig 2는 본 논문에서 구축한 두 가지 level의 가상 휴먼 구축 결과를 보여주고 있다.



Fig. 2. Results by the difference between real-virtual configuration: Level 2 (left), Level 1 (right)

또한, 본 연구에서는 피실험자들을 대상으로 co-presence, emotional response를 측정하기 위해 가상 휴먼이 사용자와

상호작용하는 상황을 표현하기 위한 애니메이션을 구성하였다. 가상 휴먼 동작과 관련하여 안구의 움직임, 시선의 움직임, 전신 움직임 (예. idle 모션), 입 모양 (lip sync) 등이 가능하도록 하였다. 좀 더 자세히 말하자면, 안구의 움직임은 상하좌우와 안구의 움직임의 크기가 조절이 되도록 구성하였고 (Fig. 3. 참조), 가상 휴먼의 시선의 움직임은 사용자 (혹은 피실험자)의 위치에 따라 가상 휴먼의 시선이 따라가도록 좌우 움직임, 시선 움직임의 크기가 조절이 되도록 하였다 (Fig. 4. 참조). 가상 휴먼의 전신 움직임은 상호작용을 위해 6개의 주어진 문장을 가상 휴먼이 말하도록 하였고, 이에 따른 각각의 움직임과 idle 모션을 포함하였다. 또한, 6개의 주어진 문장을 가상 휴먼이 피실험자에게 말할 때 입 모양을 이에 맞추어서 말하도록 lip sync 얼굴 움직임에 대한 구현을 수행하였다 (Fig. 5. 참조).



Fig. 3. Eyeball movement of the virtual human



Fig. 4. Gaze control of the virtual human: front, left, and right direction



Fig. 5. LipSync control

이러한 가상 휴먼의 제어는 피실험자의 위치와 행동 등을 고려하여 operator가 상황에 맞게 수동으로 제어하여 조종을 수행하는 Wizard-of-Oz 방식으로 하였다. 이를 위해 가상 휴먼 제어 UI를 서버에 설치하고, 가상 휴먼이 동작하는 2개의 서로 다른 level의 시스템은 클라이언트로 구성하여 동작하도록 하였다. Fig.6.에 보는 것과 같이 눈동자의 움직임, 시선의 움직임, 전신 움직임, 6개의 문장을 경우에 따라 operator가 제어하도록 하였다.

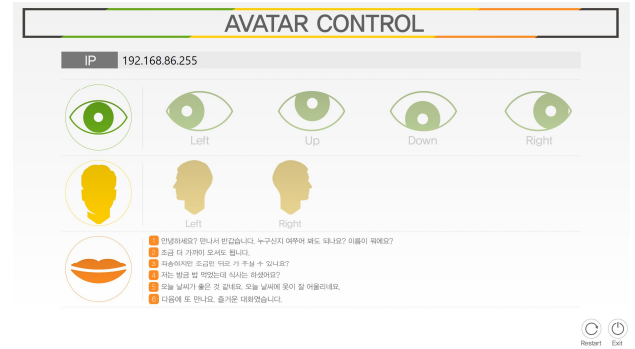


Fig. 6. Control UI of the virtual human by the Wizard-of-Oz method

## IV. Experiment

본 연구에서는 다양한 형태의 가상 휴먼의 visual form (표현 방법)을 가지고, 피실험자들을 대상으로 구성된 가상 휴먼에 대한 co-presence, emotional response를 측정하였다. Co-presence는 공간에 아바타가 나와 같이 있는 느낌을 측정하는 것으로, 가상 휴먼의 physicality 차이를 변수로 설정하여 피실험자-가상 휴먼 간 상호작용 할 수 있도록 시나리오를 구성한 뒤 피실험자의 결과를 7-likert scale로 report하는 방식으로 수행하였다. 또한, emotional response는 피실험자가 가상 휴먼의 형태를 가지고, 감정적인 변화에 대한 차이를 측정하는 것으로 역시 가상 휴먼의 physicality 차이를 변수로 설정하고, task를 수행한 뒤 측정하도록 하였다. 여기에서 피실험자-가상 휴먼 간 상호작용은 table 1에서 제시된 바와 같이 피실험자가 실험을 위해 가상 휴먼 앞에 서 있을 경우 operator가 30초 가량 정도 가상 휴먼과 6가지 대화 내용을 주고 받을 수 있도록 구성하였다.

Table 1. Examples of questions in our experiment

Number	Conversation contents
1	Hello. Nice to meet you. What is your name?
2	You can come a little closer.
3	I am sorry, but can you come back a little bit?
4	I just ate, but did you eat?
5	I think today's weather is good. Your clothes fit well in today's weather.
6	See you next time. Nice to talk to you.

구체적인 실험 방법은 총 20명의 피실험자가 각 condition 당 10명씩 참여하도록 between-subject measurement를 수행하였고, 실험에서는 가상 휴먼이 참여자에게 task를 부여하여 질문들을 물어보고, operator의 조작으로 가상 휴먼의 애니메이션이 제어되도록 하였다. 실험에 참여한 사용자는 active하게 가상 휴먼과 상호작용하는 작업을 수행하도록 하였다. 평가가 끝난 후 가상 휴먼의 형태를 비교하는 것을 변수로 하여 table 2에 표현한 것과 같이 survey를 통한 정성적 방법에 의한 측정을 하는 형태로 구성하여 실험하였다 [11]. 설문서는 통해 나는 방안에 다른 사람이 나와 함께 있는 것처럼 느낀다는 co-presence, 가상 휴먼에 대한 감정적인 변화 emotional response를 측정하였다 (Table 2 참조).

Table 2. Subject questionnaire

Item	Value
Co-presence	The sense of "being together with me"
Emotional response	Did the virtual human influence the emotional response (surprise, anger, joy, etc)?

## V. Results and Discussions

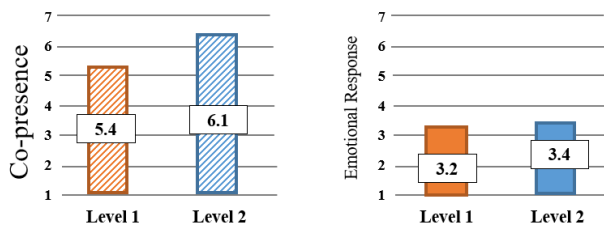


Fig. 7. Effects of two-typed virtual human's configurations on co-presence and emotional response

실험 결과를 얻기 전에 본 연구에서는 가상 휴먼에서 가상으로 더 많은 부분을 제작한 경우 (예. level 2가 level 1보다 더 많이 가상으로 구현하였음)가 애니메이션 움직임 동작이 더 많을 것이므로 co-presence가 더 높을 것으로 예상했다. 또한, 더 많은 가상으로 제작한 경우가 역시 더 많은 부분에서 움직임을 가지므로 emotional response를 가질 것으로 예상하였다. 두 개의 차이를 분석하기 위해 T-test를 이용하여 실험 분석을 수행한 결과 Fig 7.에 나타난 바와 같이 co-presence의 경우는 가설로 설정한 바와 같이 더 많이 가상으로 구현한 level 2가 더 높은 co-presence를 가지는 것을 알 수가 있었다 ( $p < 0.05$ 로 유의한 결과를 얻음). 반면, emotional response의 경우는 level 2가 level 1보다 약간 더 큰 평균값을 얻었으나 통계적으로 차이는 없었다 ( $p > 0.05$ ). 이를 통해 실험에서 이용한 두 가지 서로 다른 가상 휴먼 형태는 감정의 변화가 차이가 크게 나타나지 않는다는 결론을 얻을 수 있었다. 하지만, 피실험자의 추가 설문을 통한 실험 결과를 분석하자면, 애니메

이션의 quality의 차이 (얼굴 근육의 움직임까지 자세히 표현한 경우 vs. 아닌 경우)에 의해서는 감정의 차이를 충분히 느낄 수 있을 것이라는 피드백을 받았고, 향후에 이러한 부분을 반영하여 추가적인 실험을 수행하고자 한다. 또한, 피실험자-가상 휴먼 간 상호작용을 좀 더 다양화하고, 극대화한다면 emotional response가 더 크게 나왔을 것이라는 피드백을 받았다. 즉, 차세대 인공지능(AI) 기반 서비스가 이미 출시 혹은 발전하고 있으므로 빅 데이터 분석 등을 통하여 사용자가 원하는 정보를 실시간으로 제시할 수 있는 피실험자와 가상 휴먼 간 상호작용 방법을 적용한다면 보다 직관적이고, 다양한 형태로 가상 휴먼과 상호작용할 수 있으므로 emotional response 측정 결과는 다르게 나올 것으로 전망한다.

## VI. Conclusions

본 논문에서는 가상 휴먼을 어떻게 표현하면 좋을 것인지를 분석하기 위해서 외형에 따른 visual form의 형태를 구성하고, 피실험자를 대상으로 co-presence, emotional response를 측정하였다. 측정 결과 가상 휴먼을 가상으로 더 많이 구성한 경우가 더 높은 co-presence 결과를 얻을 수 있었고, emotional response는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이 결과를 바탕으로 다양한 분야에서 가상 휴먼과 사용자가 상호작용할 때 구성에 대한 configuration 가이드라인을 제시에 도움이 될 것으로 전망한다.

향후에는 emotional response에 대한 결과 차이를 찾기 위해 더 다양한 형태의 가상 휴먼 형태를 가지고 실험을 수행할 계획이고, 가상 휴먼의 애니메이션 quality 정도 (예. 눈깜빡임이 있는 경우 vs. 눈깜빡임이 없는 경우 등)를 가지고, 다양한 가상 휴먼 제시에 따른 차이점을 비교 분석할 계획이다. 또한, 극적인 상황들을 가상 휴먼 애니메이션으로 표현하여 심장 박동 수, skin conductance와 같은 장치를 이용하여 정량적인 physiological measurement를 수행하고자 한다.

또한, 본 논문을 기반으로 하여 가상 휴먼의 기초 연구를 확장하여 증강현실(AR) 기술을 적용하여 사용자 주변 환경의 상황을 고려한 가상 휴먼 상호작용에 관한 방향으로 연구를 진행하려고 한다. 마지막으로, 본 연구를 통해서 개발될 시스템은 실제 사람과 같은 가상 휴먼의 가시화 및 제어와 관련된 기술이 융합되어 구축될 것이므로 지능형 휴머노이드 로봇을 일부 대체할 수 있는 수단으로 적용할 수 있을 뿐 아니라, 자동차 네비게이션, 자동 비서 시스템, 박물관 아바타 가이드 등에 다양한 분야에 널리 적용이 가능할 것이라고 전망한다.



## REFERENCES

- [1] S. Firestone, T. Ramalingam, and S. Fry, "Voice and video conference fundamentals," Cisco Press, 2007.
- [2] K. Otsuka, "MMSpace: Kinetically-augmented telepresence for small group-to-group conversations," *Proceedings of the IEEE VR*, pp.19-28, 2016.
- [3] A. Maimone, X. Yang, N. Dierk, A. State, M. Dou, and H. Fuchs, "General-purpose telepresence with head-worn optical see-through displays and projector-based lighting," *Proceedings of the IEEE VR*, pp.23-26, 2013.
- [4] S.-O. Escolano et al, "Holoportation: virtual 3D teleportation in real-time," *Proceedings of the ACM UIST*, pp.741-754, 2016.
- [5] Sergio et al, "Holoportation: Virtual 3D Teleportation in Real-time," *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pp.741-754, 2016.
- [6] D. Jo, K.-H. Kim, and G. Kim, "Avatar motion adaptation for AR based 3D tele-conference," *Proceedings of the IEEE Workshop on 3DCVE*, pp.1-4, 2014.
- [7] Y. Pan, and A. Steed, "A Comparison of Avatar-, Video-, and Robot-mediated Interaction on Users' Trust in Expertise," *Frontiers in Robotics and AI*, 3(12):1-12, 2016.
- [8] D. Jo, K. Kim, G. F. Welch, W. Jeon, Y. Kim, K.-H. Kim, and G. J. Kim, "The Impact of Avatar-owner Visual Similarity on Body Ownership in Immersive Virtual Reality," In *Proceedings of the 23rd ACM Virtual Reality Software and Technology(VRST)*, Article No. 77, 2017.
- [9] B. Lok, J.-H. Chuah, A. Robb, A. Cordar, S. Lampotang, and A. Wendling, "Mixed-Reality Humans for Team Training," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.34, No.3, pp.72-75, 1999.
- [10] Y. Wu, S.-V. Babu, R. Armstrong, J.-W. Bertrand, J. Luo, T. Roy, S.-B. Daily, L.-C. Dukes, L.-F. Hodges, and T. Fasolino, "Effects of Virtual Human Animation on Emotion Contagion in Simulated Inter-Personal Experiences," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.20, No.4, pp.626-636, 2014.
- [11] D. Jo, "Exploring the Effects of Mixed-reality Human's Physicality on Co-presence and Emotional Response," *Proceedings of the VRCAI*, poster, 2018.

## Authors



Kwang-seong Shin received the Ph.D. degree in Computer and Information Engineering from Kunsan National University, Korea, in 2014. He is currently an associate professor in the Department of Digital Contents Engineering, Wonkwang

University, Iksan, Korea. He is interested in image processing, virtual reality(VR), augmented reality(AR), and AI.



Dongsik Jo received the Ph.D. degree in Computer Science and Engineering from Korea University, Korea, in 2017. He joined the virtual reality team, Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI) from 2004 and 2017, Daejeon, Korea.

Dr. Jo is currently an assistance professor in the Department of Digital Contents Engineering at Wonkwang University, Iksan, Korea. He is interested in virtual reality(VR), augmented reality(AR), collaborative virtual environment, virtual human, and HCI.