

---

# 가상의 아바타와 악수 시 아바타의 인지와 관련된 뇌 메커니즘

선행 연구



Brain Mechanisms about cognition a virtual avatar when we shake hands with the virtual avatar ; a preliminary study ↓



이형래, Hyeongrae Lee\*, 구정훈, Jeonghun Ku\*\*, 이원호, Wonho Lee\*\*\*, 한기완, Kiwan Han\*\*\*, 박진석, Jinsick Park\*\*\*, 김재진, Jae-Jin Kim\*\*\*\*, 김인영, In Young Kim\*\*\*, 김선일, Sun I. Kim\*\*\*

---



**요약** ~ 가상현실은 감각기관(시각, 청각, 촉각)에 전달하는 정보를 조작하여 실제적인 가상의 3차원환경을 사용자에게 제공한다. 최근에는 가상현실은 아바타라는 객체의 등장으로 단순히 사용자에게 가상의 공간을 제공하는 것을 넘어서서 가상의 공간에서 타인을 대변하는 아바타와 여러 상호작용을 통해서 또 다른 하나의 가상의 사회를 제공할 수 있는 도구로 자리 잡고 있다. 실제 사회에서의 사회적 관계에서는 타인과 직접적인 상호작용이 많이 발생하게 되는 데, 기존의 연구들은 아바타와 실제적인 상호작용을 하는 환경이 아니었다. 따라서, 본 연구에서는 가상의 아바타와 실제로 상호작용을 할 때 아바타를 어떻게 인지하는 지를 알아보기 위해서 가상환경에서 아바타를 만나서 악수를 청하였을 때 아바타가 악수를 받아들이거나 거절하는 환경을 구현하여 뇌 기능영상 연구를 수행하였다. 아바타의 행동이 어떠한 느낌을 주었는지를 알아본 설문지 결과에서 악수를 받아들인 아바타에 대해서는 긍정적이고, 적절한 행동을 한다고 받아들인 반면, 악수를 거부한 아바타 에서는 나에게 부정적인 감정을 가지고 있고 거부하고 있다고 피험자가 인식한 것으로 나타났다. 뇌 기능영상 분석 결과 상대 아바타가 악수를 받아들인 경우와 거절한 경우 공통적으로 the primary visual area, the visual association area, the SMA, the premotor area과 the cerebellum등의 영역에서 뇌 활성화가 나타났다. 설문결과와 fMRI 분석 결과 이는 피험자가 아바타를 나와 구별되는 사회적인 객체로 인지하였고, 아바타의 동작도 사회적 의미가 있는 동작으로 받아 들였다는 것을 의미한다. 다르게 말해 가상의 아바타가 행동을 통해서 사회적 context 뿐만 아니라 감정도 전달이 가능하다는 것을 의미한다. 본 연구는 fMRI 환경에서 실제로 상호작용이 가능한 환경에서 아바타의 행동에 대한 사용자의 인지를 알아보았다는 것에 의의가 있다고 하겠다.



**Abstract** ~ It provides a three-dimensional virtual experience consisting of information presented to and perceived by the senses of the user. Recently, the advent of a virtual avatar, which mimics the appearance and behavior of humans, enable that the virtual reality (VR) can provide not only a virtual space but also a virtual society to be interact with a virtual avatar which represents humans. But, it is impossible that the user directly interacts with the VE in previous studies, though direct interactions occur in real social relationship. Therefore, In this study, we know that the cognition about a avatar when the user directly interacts with the virtual avatar in the VE, In order to investigate this purpose, we performed a fMRI study using VE that a avatar accept or reject the user's offer when the user offer his (or her) hand to a avatar. In result of questionnaire about the user's feeling by avatar's action, the user feels about avatar's acceptance action that the avatar acts positively and suitably. In contrast the user feels about avatar's rejective action that the avatar acts negatively and disapprovingly. In result of fMRI analysis, the primary visual area, the visual association area, the SMA, the premotor area, the cerebellum and etc. activate in common with the other avatar's acceptance action and rejective action. The results show that the subject recognizes not only avatars as social objects but also avatar's action as socially meaningful action. In other words, it is possible to transfer social context and emotion through avatar's action.



**핵심어:** 가상 아바타, 뇌 기능 영상, 사회적 상호작용

---

\*주저자 : 한양대학교 의용생체공학과

\*\*교신저자 : 한양대학교 의용생체공학과 조교수; e-mail: kujh@bme.hanyang.ac.kr

\*\*\*공동저자 : 한양대학교 의용생체공학과

\*\*\*\*공동저자 : 연세대학교 정신건강병원 행동과학 연구실

## 1. 서론

가상현실은 감각기관(시각, 청각, 촉각)에 전달하는 정보를 조작하여 실제적인 3차원환경을 사용자에게 제공한다. 가상현실은 사용자와의 상호작용이 가능하고, 가상세계를 조작하거나 돌아다닐 수 있으며, 피험자의 반응을 컴퓨터를 통해서 측정 가능하다는 장점을 지닌다. 이러한 장점들 때문에 가상현실은 이미 산업, 군사, 엔터테인먼트, 의료 분야 뿐만 아니라, 인간의 뇌를 연구하는 뇌 과학 분야에서도 사람의 지각이나 인지 기능을 알아보기 위한 연구에서 많이 활용되고 있다[1].

최근에 가상현실은 아바타라는 객체의 등장으로 단순히 사용자에게 가상의 공간을 제공하는 것을 넘어서서 가상의 공간에서 타인을 대변하는 아바타와 여러 상호작용을 통해서 또 다른 하나의 가상의 사회를 제공할 수 있는 도구로 자리 잡고 있다[2]. 또한 아바타는 가상현실을 활용한 원격 회의[3]나 가상현실에서 아바타를 청중으로 한 연설 훈련 프로그램[4]에 적용되었고, 수많은 온라인 MMORPG<sup>1)</sup> 게임에 활용되는 등 가상환경에서 중요한 사회적인 객체로 활용되고 있다.

그래서 아바타와 관련된 여러 가지 연구들이 있었는데, 기존의 연구들을 살펴보면 아바타는 단순히 하나의 객체가 아니라 사람과 같은 interpersonal 거리를 지닐 뿐 아니라 아바타가 지니는 표정이나 시선등이 사용자에게 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다[5]. 또한 아바타가 같은 레벨의 표정을 지었을 때 전달되는 감정의 레벨이 아바타의 성별에 따라 다르게 전달되는 것으로 알려져있다[6]. 뿐만아니라 최근의 연구에서는 피험자가 아바타에게 고통을 줄 때, 아바타라고 인지하고 있음에도 불구하고 마치 사람에게 고통을 주는 것처럼 인지하는 것으로 밝혀졌다[7]. 최근에는 아바타와의 상호작용에 대한 깊이 있는 연구를 위해서 아바타와 상호작용하는 동안 뇌 활성화가 어떻게 나타나는지에 대한 연구도 있었다 [8]. 그러나, 이 연구에서는 아바타가 피험자의 의도에 반응하여 서로 상호작용을 하는 것이 아니라, 피험자의 의도에 상관없이 반응을 하는 환경이었다. 이는 실제 사회의 상호작용을 반영한다고 보기 어렵다.

따라서, 본 연구에서는 가상의 아바타와 실제로 상호작용을 할 때 아바타를 어떻게 인지하는 지를 알아보기 위해서 가상환경에서 아바타를 만나서 악수를 청하였을 때 아바타가 악수를 받아들이거나 거절하는 환경을 구현하여 뇌 기능 영상 연구를 수행하였다.

1) MMORPG : Massively Multiplayer Online Role Playing Game을 줄여서 말하는 것이며, 동시에 수천 명 이상의 플레이어가 인공적으로 구현된 게임 속 가상 현실세계에 접속하여 각자의 역할을 맡아서 플레이하는 게임

## 2. 방법

### 2.1 가상현실 내용 및 실험 디자인

본 연구에서 사용된 가상현실 콘텐츠는 피험자가 가상의 아바타와 만나서 악수를 청하면 상대 아바타는 악수를 하거나 거절을 하는 상황으로 구성하였다.

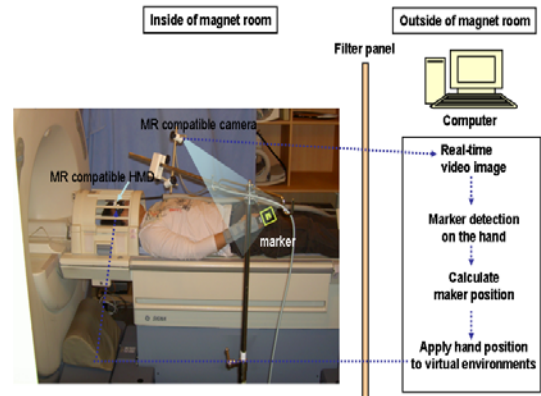


그림 1. 실험환경의 구성. MR방에 설치된 카메라를 통해 얻은 영상에서 마커의 위치를 이미지 프로세싱을 통해 가상현실에 반영하여 사용자와 가상환경이 상호작용이 가능하도록 구현하였다.

이를 위해서 MR환경에서 사용가능한 카메라를 사용하여 사용자가 악수를 청하는 움직임에 반응하여 가상환경이 동작하도록 구성하였다. marker 위치 데이터는 저장 할 수 있도록 하였다(그림 1).

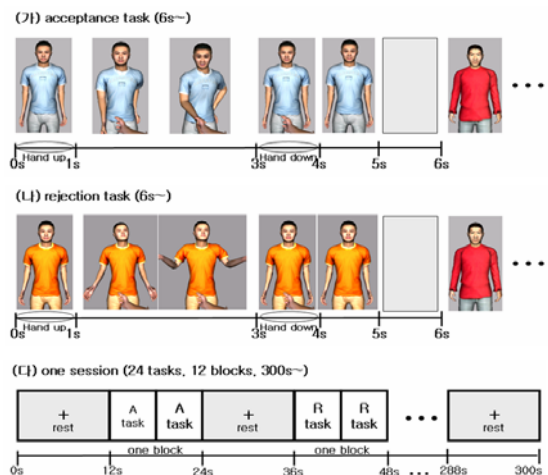


그림 2. 실험 디자인. 하나의 과제는 대략 6초 정도로 구성되었다. (가) 악수하는 과제의 예시 (나) 거절하는 과제의 예시 (다) 같은 성격을 가지는 두개의 과제를 하나의 블록으로 구성하였다. 전체 실험은 12개의 블록으로 이루어졌다.

등장하는 아바타는 총 12쌍으로, 옷의 색이 서로 다른 악수를 하는 아바타 1명과 거절을 하는 아바타 1명이 쌍을 이루도록 구성하였다. 악수를 하는 동작과 거절하는 동작은 각각 4가지 동작으로 구성하였고 아바타와 동작의 제시 순서는 무선화 하였다 (그림 2).

## 2.2 피험자

실험을 위해서 사회생활에 어려움이 없는 건강한 오른손잡이 성인 남자 2명과 여자1명을 모집하였다 (평균나이: 20.3세).

## 2.3 fMRI 실험환경 및 데이터 측정

fMRI 촬영은 강남 베드로 병원의 1.5T MRI장비(GE Medical System) 사용하였다. BOLD 신호는 EPI sequence (Gradient Echo) 통하여 Axial 방향으로 촬영하였다 (64×64×30 matrix with 3.75×3.75×5-mm spatial resolution, TE: 14.3, TR: 2s, FOV: 240mm, Slice thickness: 5mm, FA=90, # of slices: 30). T1 이미지는 FSPGR sequence로 Coronal 방향으로 촬영하였다 (256x256x116 matrix with 0.94×0.94×1.50-mm spatial resolution, FOV: 240mm, Thickness: 1.5mm, TR: 8.5s, TE: 1.8s, FA: 12, # of slices: 116).

## 2.4 fMRI 실험 후 검사

fMRI 촬영 후 피험자는 아바타의 행동이 어떠한 느낌을 주었는지에 대해서 MR방에서 나와서 아바타의 각 동작 별로 다음 상대 아바타에 대한 사회적 인지와 관련된 8개의 설문과 가상 아바타의 사실성과 관련된 2개의 질문에 5점 척도(1점: 전혀 그렇지 않다. 3점: 약간 그렇다. 5점: 매우 그렇다)로 에 답하였다. 상대 아바타에 대한 사회적 인지와 관련된 설문은 다음 8가지이다. (1) 당신은 아바타의 행동에 대해 긍정적인 느낌이 드셨습니까? (2) 당신은 아바타의 행동에 대해 부정적인 느낌이 드셨습니까? (3) 아바타의 행동이 적절하고 상황에 어울린다고 생각하십니까? (4) 아바타가 당신을 거부했다고 느끼셨습니까? (5) 아바타가 당신에게 부정적인 감정을 가지고 있다고 느껴지셨습니까? 또는 당신을 싫어하는 것처럼 느껴지셨습니까? (6) 아바타가 당신을 위협하는 것 같다고 느껴지셨습니까? (7) 가상환경의 상대방에 의해서 얼마나 무시당하거나 배척당하고 있다고 느꼈습니까? (8) 가상환경의 상대방에게 얼마나 인식되고 있다고 느꼈습니까? 가상 아바타의 사실성과 관련된 2개의 설문은 다음과 같다. (1) 상대 아바타의 동작은 얼마나 사실적이었습니까? (2) 가상환경의 상대방과 얼마나 실제로 악수하는 것 (혹은 상대방이 거절하는 것) 같았습니까?

## 2.5 fMRI 데이터 분석

데이터 분석은 AFNI(Analysis of Functional NeuroImages, Ver. 2007\_03\_06\_0841)를 사용하여 개인의 뇌 활성화 맵을 얻었다 (유의수준  $P<0.001$ ). 머리의 움직임에 의한 MR signal의 비정상적인 값을 제거해주기 위해서 median filter를 사용하여 시간적 평활화(Temporal Smoothing)를 하였다. 이미지 데이터를 탈라이라 좌표(Talairach space)로 변환해주기 위해서 AFNI 소프트웨어에서 같이 제공하는 Montreal Neurological Institute(MNI) N27 template을 사용하여 이중선형 보간법(bilinear interpolation)으로 공간적 표준화(Spatial Normalization)을 하였다. EPI 데이터는 표준화(Normalization)한 T1 이미지를 사용하여 2x2x2mm<sup>3</sup>의 해상도로 이중선형 보간법(bilinear interpolation)으로 공간적 표준화(Spatial Normalization)를 하였다. 공간적 평활화(Spatial Smoothing)는 FWHM(full-width at half maximum)을 8mm로 하여 가우시안 필터(Gaussian filter)를 사용하였다.

전처리(Preprocessing) 후 개개의 fMRI 데이터를 General Linear Model을 사용한 분석을 통하여 피험자가 손을 올린 후 아바타가 반응을 하는 동안 피험자 별로 악수하는 과제와 거절하는 과제 각각과 관련된 뇌 활성화 맵을 유의 수준  $P<0.001$ 에서 얻었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 피험자 행동 반응

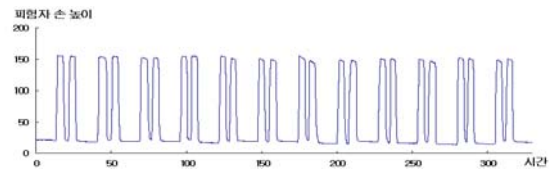


그림 3. 실험동안 피험자의 손 움직임에 데이터

결과에서 실험전체에서 각 과제당 손의 움직임을 살펴보면 한 과제에서 한 번씩 손을 올린 것을 알 수 있다. 이는 가상환경에서 피험자의 손의 움직임이 잘 인식이 되었기 때문으로, 본 연구에서 구현한 시스템이 잘 작동 하였다는 것을 의미한다.

### 3.2 fMRI 실험 후 검사 결과

아바타의 행동이 사회적 인지와 관련하여 어떠한 느낌을 주었는지를 알아본 설문지 결과를 보면, 악수를 받아들인 아바타에 대해서는 긍정적인고, 적절한 행동을 한다고 받아들인 반면, 악수를 거부한 아바타에서는 나에게 부정적인 감

정을 가지고 있고 거부하고 있다고 피험자가 인식한 것으로 나타났다. 약수를 받아들인 아바타와 거절한 아바타 모두에 대해서 사용자는 가상의 아바타에게 인식되고 있다고 느끼는 것으로 나타났다 (그림 4).

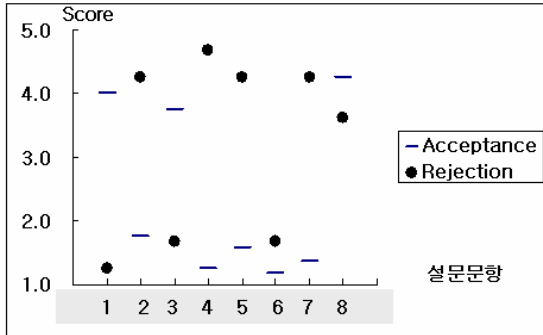


그림 4. 아바타의 수락동작 4가지와 거절 동작 4가지에 따라 피험자의 사회적 인지와 관련된 느낌을 물었던 설문지 결과. 설문 내용은 2.4 fMRI 실험 후 검사 참고

가상 아바타의 사실성과 관련된 2개의 설문에서는 약수를 받아들인 아바타와 약수를 거절한 아바타 공통적으로 아바타의 동작이 사실적이고, 가상의 아바타와 실제로 약수하는 것 같았다고 느끼는 것으로 나타났다 (그림 5).

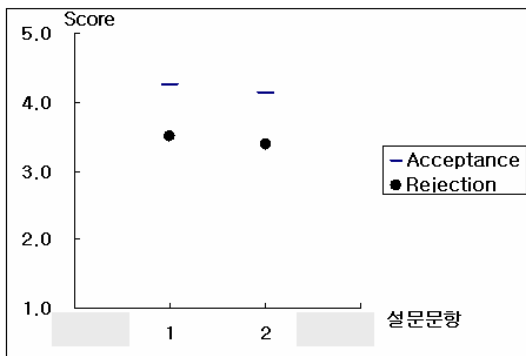


그림 5 가상 아바타의 사실성과 관련하여 아바타의 수락동작 4가지와 거절 동작 4가지에 따라 피험자의 느낌을 물었던 설문지 결과. 설문 내용은 2.4 fMRI 실험 후 검사 참고

두 종류의 설문 결과들을 살펴보면 피험자는 가상 아바타의 동작을 실제적으로 인지하였고, 가상 아바타가 보이는 반응에 따라 다른 사회적 인지를 하는 것을 알 수 있다. 이는 가상의 아바타를 사회적 객체로 인지하였다는 것을 의미하며, 또한, 아바타의 동작을 단순히 움직임으로 받아들인 것이 아니라 각 상황에서 사회적 의미가 있는 동작으로 받아들인 것으로 생각된다. 다르게 말해 가상의 아바타가 행동을 통해서 사회적 context 뿐만 아니라 사회적 감정도 전달이 가능하다는 것을 의미한다.

### 3.3 fMRI 데이터 분석 결과

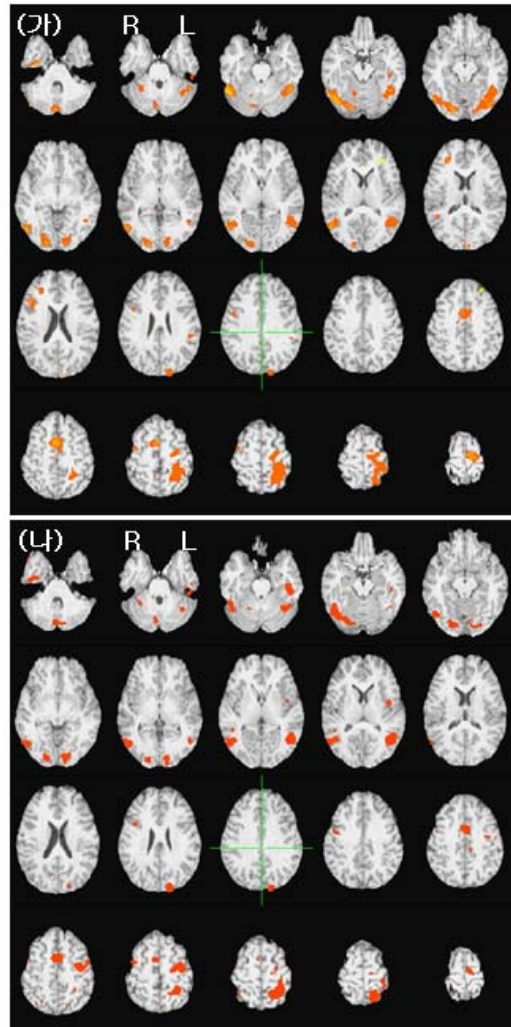


그림 6 피험자가 손을 올린 후 아바타의 반응을 보는 동안의 대표적 피험자의 뇌 활성화 맵 (유의수준  $P(0.001)$ ). (가) 수락동작에 대한 뇌 활성화 (나) 거절동작에 대한 뇌 활성화

fMRI 분석 결과 상대 아바타가 약수를 받아들인 경우와 거절한 경우 공통적으로 the primary visual area, the visual association area, the SMA, the premotor area과 the cerebellum등의 영역들이 활성화 된 것으로 나타났다. 이는 상대 아바타의 동작에 대해서 사회적인 동작으로 인지 하였기 때문으로 생각된다. 상대 아바타가 거절한 과제에서는 불쾌한 감정을 느꼈을 때 활성화 되는 영역으로 알려진 temporal pole이 더 활성화된 것으로 나타났고[9], 상대 아바타가 약수를 받아들인 경우에는 사회적인 상호작용과 관련된 영역인 middle frontal area와 inferior frontal area 가 더 활성화 된 것으로 나타났다[8].

설문 결과와 fMRI 분석 결과 피험자는 약수를 청하였을 때 가상의 아바타가 보인 반응에 대해서 약수하는 동작을

보인 아바타에 대해서는 사회적이고 긍정적이며 적절하다고 받아들인 반면에, 거절하는 행동을 보인 아바타에 대해서는 적절하지 않게 행동하고 있으며 불편한 느낌을 주는 것으로 받아들인 것으로 생각된다. 이는 가상의 아바타가 행동을 통해서도 사회적인 에이전트의 역할을 충분히 할 수 있다는 것을 의미하며, 감정적인 context 또한 전달이 가능하다는 것을 의미한다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 가상의 아바타를 만나서 악수를 청하였을 때 상대 아바타의 반응에 따라 가상의 아바타를 어떻게 인지하는 지를 알아보았다. 본 연구의 결과는 아바타의 행동으로 인해 사회적 context나 감정을 전달 할 수 있다는 것을 의미한다. 하지만, 본 연구 결과는 피험자 수가 아주 적기 때문에 결과에 대한 확신은 할 수 없다. 본 연구에서 사용한 maker를 활용한 가상환경과 상호작용하는 방법은 다른 fMRI 실험에서도 활용이 가능할 것으로 예상된다.

본 연구는 fMRI 환경에서 실제로 상호작용이 가능한 환경에서 아바타의 행동을 사용자가 어떻게 받아들이는지를 알아보았다는 것에 의의가 있다고 하겠다.

#### 참고문헌

[1] Sanchez-Vives, M.V , Slater, M, "From presence to consciousness through virtual reality" *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 6, No. 4, pp. 332-339, 2005.

[2] Bainbridge WS., "The scientific research potential of virtual worlds." *Science*, Vol. 317 No. 5837, pp. 472~476. 2007

[3] Shirmohammadi, S., & Georganas, N. D., "An end-to-end communication architecture for collaborative virtual environments. *Computer Networks*" the *International Journal of Computer and Telecommunications Networking*, Vol. 35, No.2-3, pp.351~367, 2001.

[4] Slater, M., Pertaub, D. P., & Steed, A., "Public speaking in virtual reality: Facing an audience of avatars." *Ieee Computer Graphics and Applications*, Vol.19, No.2, 1999.

[5] Ku J, Jang HJ, Kim KU, Park SH, Kim JJ, Kim CH, Nam SW, Kim IY, Kim SI., "Pilot Study for Assessing the Behaviors of Patients with Schizophrenia towards a Virtual Avatar" *CyberPsychology & Behavior*. Vol.9, No.5, pp.531~539, 2006

[6] Ku J, Jang HJ, Kim KU, Kim JH, Park SH, Lee JH, Kim JJ, Kim IY, Kim SI, "Experimental Results of Affective Valence and Arousal to Avatar's Facial Expressions" *CyberPsychology & Behavior*. Vol. 8 No.5 pp.493-503. 2005

[7] Slater M, Antley A, Davison A, Swapp D, Guger C, Barker C, Pistrang N, Sanchez-Vives MV., "A virtual reprise of the Stanley Milgram obedience experiments." *PLoS ONE*., Vol.1, No.e39, 2006

[8] Schilbach L, Wohlschlaeger AM, Kraemer NC, Newen A, Shah NJ, Fink GR, Vogeley K., "Being with virtual others: Neural correlates of social interaction" *Neuropsychologia*., Vol.44, No.5, pp.718~730, 2006

[9] Koelsch S, Fritz T, V Cramon DY, M Iler K, Friederici AD. "Investigating emotion with music: an fMRI study" *Human Brain Mapp*. Vol.27, No.3 pp.239-50, 2006