

가상 근신(近身) 공간에서의 작업 성과 사용자 존재감 향상을 위한 상호작용 신체 모델과 인터페이스

양응연, 김용완, 손옥호
한국전자통신연구원 가상현실연구팀
e-mail : {uyyang, ywkim, whson}@etri.re.kr

Interaction Human Model and Interface for Increasing User's Presence and Task Performance in Near-body Virtual Space

Ungyeon Yang, Yongwan Kim, Wookho Son
Virtual Reality Research Team, ETRI, Korea

요 약

본 논문에서 우리는 가상현실 시스템의 구축에 있어서, 사용자의 직접 상호작용 (direct interaction)을 기본으로 하는 근신 공간(near-body space) 작업에서 사용자의 존재감 (Presence) 향상과 작업 성능 향상을 위하여, 사용자와 공간적 및 감각적으로 일치된 가상 신체 모델의 구현을 중심으로 현재의 기술 현황 및 연구 개발 방향에 대하여 기술한다. 이상적인 가상현실 시스템을 구현하기 위해서 고려되어야 할 요소를 멀티모달 상호작용과 실감 일치형 인터페이스 개발 방법론의 관점에서 보면, 사용자가 접하는 가상 공간의 시각적 모델(visual perception)과 자기 동작 감각적(proprioceptive) 모델의 일치가 중요하다. 그러므로, 시각적으로 사용자의 움직임과 일치된 자신의 신체가 가시화 되어야 하고, 자연스러운 근신 공간 직접 상호작용을 지원하기 위해서는 사실적인 햅틱 피드백 요소가 중요하며, 공간적 정보를 표현 함에 있어서 동기화 된 사실적 청각 피드백 요소의 지원이 중요하다. 앞의 주요 3 가지 감각 인터페이스 방법(sensory channel, modality)은 현재의 불완전한 인터페이스 기술의 한계를 고려하여 상호 보완적인 관계로 응용 환경에 최적화된 적용 방법이 연구되어야 한다.

1. 서론

현재 일반인에게 가상현실(Virtual Reality) 기술은 꿈의 기술로 알려져 있다. 인간의 두뇌/신경계를 통제하여 현실 같은 꿈의 세계에서 사람이 성장되는 세계를 다룬 영화 MATRIX[17]나, 가상의 공간에서 사용자가 원하는 임의의 시나리오를 현실과 같이 구현 해내는 스타트랙의 Holodek[11]과 같이, 대중 매체에서 다루어지는 가상현실 시스템은 사용자에게 가상과 현실의 차이를 구분하지 못할 정도의 사실성과 인지적 경험을 전달하고 있다. 그러나, 극장을 벗어나 현장에서

활용되는 가상현실 응용 시스템이나 연구실의 결과물을 접한 사용자는 가상현실 기술의 실용화를 위해서 풀어야 할 문제가 많다는 것을 느끼게 된다.

그러므로, 본 논문은 사용자가 직접 참여하여 경험하는 형태의 가상현실 시스템의 구현을 위한 주요 연구 내용 및 필요한 기술을 정리하는 방법으로, 현재 가상현실 시스템의 한계점을 정리하고 연구 개발 방향을 전망한다.

2. 이상적 가상현실 시스템

역사적인 가상현실의 발전사를 보면, 장자의 나비 꿈 이야기와 같은 철학적/문학적 아이디어의 태동으로부터 시작되어, 20세기 후반 컴퓨터 관련 기술의 발전까지, 다양한 분야의 연구 개발 시도가 시제품 제작 수준으로 이루어졌다. 그러나, 우주 항공 및 국방 산업과 의료 분야 등 특정 분야에 특화된 경우를 제외하고는 일반인이 쉽게 접할 수 있는 가상현실 시스템은 간단한 상호작용을 지원하는 테마파크의 놀이 기구나, 3차원 렌더링 엔진을 이용한 PC 게임이과 간단한 입체 안경을 이용한 3차원 영상 콘텐츠를 보는 정도이다.[25] 그리고, 현재 국제 학회의 연구 동향을 보면, 다양한 응용분야에 대한 시도와 비슷한 수준의 기술 개발 평준화가 이루어지고 있는 상태이며, 관련 분야의 최대 학회 및 전시회인 ACM SIGGRAPH[29]의 최근 동향과 같이, 가상현실 연구에 중점을 둔 주제에 대한 가시적인 결과가 줄어들고 있는 상태이다.

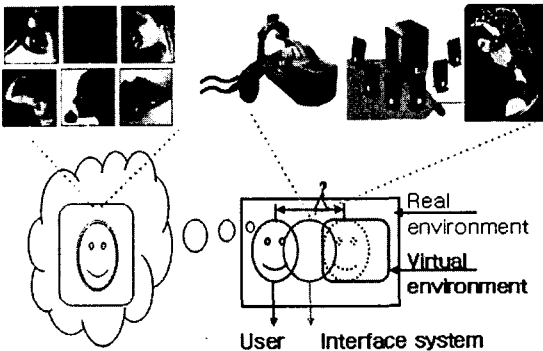


그림 1. 이상적인 가상현실 시스템과 현실적 한계

앞의 원인을 가상현실 시스템의 기능에 대한 원론적인 관점에서 분석해 보면, 사용자가 느끼는 이상(理想, ideal)과 현실(現實, practical)적인 가상현실 시스템 비교한 그림 1의 우측과 같이 사용자는 VR 인터페이스를 통하여 가상 현실 공간에 참여하게 되고, 가상 환경에서 자신을 대신하는 대행자(avatar, virtual human)를 통하여 상호작용을 수행하게 된다. 그림 1의 좌측과 같이 가상 환경에 완전히 몰입(immersion)된 이상적인 상태가 되기 위해서는 사람의 정보 처리 채널(communication channel)인 감각 기관에 대응하는 VR 인터페이스의 충실도(fidelity)가 높아야 한다. [4] 인간이 외부 정보를 처리하는 주된 감각 채널(sensory modality)은 시각(visual sense)이며, 이를 충족시키기 위한 가상 시뮬레이션과 그래픽 렌더링 기술은 영화에 사실감 높은 디지털 배우(digital actor)를 출현시키는 정도로 기술의 완성도가 높아지고 있다.[20] 그러나, 앞의 결과물은 오직 시각적 콘텐츠의 완성도가 높은 경우로, 사용자의 직접적인 참여와 상호작용이 중요시되는 능동적 VR 시스템에서 간과해서는 안될 부분이 사용자 자신의 동작 감각(self-motion, proprioception)과 일치된 시각 정보이다. [16, 27, 28] 그리고, 근신 공간 상호작용의 경우에는 시각 피드백과 연동된 사실적인 햅틱 효과의 제시가 사용자의 존재감(Presence) 향

상에 중요한 역할을 한다.[24] 사용자의 공간감 형성에 중요한 3차원 사운드 기술의 경우에도 사실적 음향 재생 기술이 상용화 되어 다양한 수준의 시장을 형성하고 있으나, VR 시스템을 구축하는 경우에는 다양한 가상 개체의 이벤트화 동기화된 음향효과를 전달하는 것이 사용자의 존재감 향상에 중요한 역할을 하게 된다.[9]

3. Presence 향상을 위한 Virtual Body

가상현실 시스템에서 현실 세계의 사용자와 일치된 형상과 움직임을 제시하는 가상 인간(virtual human)은 몰입된 가상 공간에서의 사용자의 존재감 향상에 도움을 준다.[2, 26] 가상 인간은 가상 공간에서 개체들과의 상호작용을 수행하기에 직관적인 인터페이스 도구로 활용되고 있다. 가상 인간의 구현을 위한 다양한 연구 주제[31] 중에서 본 논문에서는 작업(task)에 참여하는 사용자와 일치된 대행자(avatar, virtual human)에 중점을 두고 있으므로, 가상 인체 모델 생성 및 표현 기술과 동작 제어 기술을 다음과 같이 정리한다.

3.1 가상 인체 모델 생성

연구계를 중심으로 가상 인간 시스템 구축 관련 주요 프로젝트는 Norm Badler 교수 중심의 JACK 시스템[13]과 Thalmann 교수 중심의 virtual human[30]이 있다. 전자는 정확한 인체 동작 시뮬레이션에 중점을 두고 있으며, UGS human simulation 솔루션[32]과 같이 인간 공학 시뮬레이션에 적용되어 자동차, 항공, 국방 산업 등에 활용되고 있고, 후자는 사실적인 인체 가시화에 중점을 두어 자연스러운 피부 렌더링 및 동작 제어 알고리즘을 연구하여 방송 콘텐츠 등에 digital actor로 활용할 목적으로 연구가 진행되고 있다.

자기 중심적(egocentric) VR 시스템 구축을 위하여, 사용자와 일치된 가상 인간을 생성하는 방법은 실사 모델 정보를 기반으로 Maya[18]나 3DS Max[19]와 같은 3차원 디자인 도구를 이용하여 디자이너가 작업하는 전통적인 방법에서부터, 3차원 스캐너를 이용하여 실사 모델의 외형 정보(polygon mesh, texture)를 직접 추출하는 기술까지 다양한 방법이 활용되고 있다. 그러나, 후자의 경우 정확한 데이터를 얻는 장점이 있지만, 상대적으로 고가인 장비를 요구하고, 대량의 데이터를 VR 시스템에서 실시간으로 렌더링 하기 위해서는 최적화 과정 등의 후처리 작업이 필요하다.

그러므로, 단순 navigation 중심의 현재 VR 시스템을 능동적인 사용자 직접 참여 형태로 변화시키기 위해서는, open architecture 형태로 저가의 컴퓨터 비전 시스템을 기반으로 하는 실시간 신체 정보 추출 시스템과 standard humanoid [12]와 같은 표준화 모델을 기반으로 사용자 특성을 반영(adaptation)하는 인체 모델 저작 툴의 개발이 필요하다.

3.2 가상 인체 모델 동작 제어

컴퓨터 그래픽스 분야에서 다관절 물체의 움직임 제어하는 방법으로 적용된 기술은 다음과 같다. 시간 축에서 정의된 주요 자세(key posture)를 기준으로 그 사이의 관절 값을 자동 생성(interpolation)하는 키프레임(key-frame) 애니메이션 기법[22], 로봇틱스 분야에서 목표 동작을 기준으로 현 시점의 관절 값 제어 문제를 풀어나가는 역기구학(inverse kinematics) 기반 애니메이션 기법[23]을 중심으로, 다양한 환경 제약(constraint)이나 보다 자연스러운 인체 동작 생성을 위한 인체 공학적 시뮬레이션 모델들이 추가 되어 세밀한 동작 애니메이션을 구현하고 있다.[6]

가장 자연스러운 가상 인간의 움직임 제어 방법 직접 사용자의 움직임을 기록/재생하는 모션캡처(motion capture) 기반 애니메이션 기법일 것이다.[15] 그러나, 사용자와 가상 인간의 구조적 불일치를 해결하기 위한 모션 데이터 수정 기술(motion retargeting)이나[23] 기존의 모션 데이터 베이스를 기반으로 부드럽게 이어지는 연속 동작 애니메이션의 생성 등과 관련된 후처리 기술 개발이 요구 되었고, 궁극적으로는 감독(director)의 연기 지시를 수용하는 수준의 상위 레벨의 상호작용 수단 개발하는 목표로 연구가 진행되고 있다. 그리고, 사용자 직접 참여형 가상현실 시스템을 위해서는 현재 수억 원대를 호가하는 컴퓨터 비전 트래킹 시스템[33]을 대체하고 사용자의 행동을 제약하지 않는 무선 방식의 실시간 모션 캡처 시스템의 개발이 요구 되고 있다.

4. 실감 일치형 멀티모달 인터페이스

본 논문에서 사용하는 “실감 일치형 인터페이스”의 정의는 인터페이스를 통하여 사용자가 수용하는 감각 정보와 인터페이스 장치를 사용하지 않는 일반 환경에서의 감각 정보의 차이가 인지적인 측면에서 구별이 어려운 상태를 의미한다. 영화 MATRIX 와 같이 이상적인 인터페이스가 없는 현실적인 방법론으로, 각각의 감각 기관을 담당하는 기술의 감각 정보 재현의 사실성(reality) 및 사용자 수용 측면에서의 인터페이스 장치의 개선이 필요하며, 인간의 다중 감각적 정보 수용의 특성과 감각 정보의 보상 및 대체 효과(sensory compensation and displacement effect)를 이용한 멀티모달 인터페이스 활용 방법론이 연구되고 있다.[21]

4.1 실감 일치형 시각 인터페이스

사용자 직접 참여형 가상현실 시스템을 위한 시각 인터페이스 기술은 개인용(personal, egocentric) 디스플레이 형태이다. 머리에 착용 하는 형태인 HMD(Head Mounted Display) 스타일의 장치는 소형 디스플레이에 높은 해상도를 구현하는 표시 소자의 기술적 문제와 광학적 기술의 한계로 얻어지는 좁은 시야각(FOV; Field Of View) 문제, 그리고 무거운 장치로 인한 착용

상의 문제 등으로 일반 대중화에 어려움이 있었다.[14] 최근 모바일/웨어러블 컴퓨팅 기술의 소개로 안경 부착형 경량 시각 인터페이스 장치가 활용 되고 있으나,[34] 경량화에 초점이 맞추어진 인터페이스 이므로, 자연스러운 근거리 공간감 형성에는 부족한 상태이다. 몰입 가상 환경을 구축하는 또 다른 주요 기술은 CAVE 시스템과 같이 다수의 프로젝션 시스템을 응용하는 것이고,[5] 이 것이 가지는 경계 영역 정합(seamless edge) 문제와 개인용 근신 공간 구축용으로 활용 되는 것이 반구형(hemi-sphere) 디스플레이 시스템이다.[8]

위와 같이 현재의 근신 공간 구축용 디스플레이 기술은 경량화 또는 광시야각의 몰입감의 구현을 주목표로 개발 되어 왔다. 그러나, 2 장의 내용과 같이 직접 상호작용 작업(direct interactive task)에서 높은 사용자 존재감 지원을 해서는 시각 및 자기동작 감각적으로 정확하게 일치된 영상의 가시화가 필요하다. 그러므로, 시선 중심 1~2m 이내의 근거리 영상 정보에 대한 정확한 입체감 제시(spatial registration) 기능 지원이 중요하다.

4.2 실감 일치형 햅틱 인터페이스

가상 인간이라는 인터페이스 개체를 통하여 근신 공간에서 직접 상호작용을 수행하는 경우, 사용자의 자기 동작 감각과 일치된 시각적 요인과 함께 물리적 상호작용 피드백을 지원한 햅틱 인터페이스의 요소가 사용자의 존재감 및 작업 성능 향상에 중요한 영향을 끼친다.

햅틱 인터페이스 기술은 로봇틱스 분야에서 물체 사이의 정확한 충돌을 처리하기 위해, phantom 과 같이 로봇 암 기반의 정밀도 높은 시뮬레이션 기술이 연구 되었다.[7]

그러나 인체의 햅틱 상호작용 형태를 분석하면 point 상호작용 보다는 가변형(deformable)/ 다관절 신체의 다접점 접촉식 상호작용의 형태가 많기 때문에, 이에 적합한 햅틱 장치의 개발이 필요하고, 접지형 햅틱 장치의 단점을 보완하는 착용형 인터페이스의 개발이 필요하다. 특히, 인간의 주된 상호작용 수단인 손에 해당되는 핸드 인터페이스 장치의 전면(whole surface)에 사실적인 햅틱 피드백 전달을 위한 연구 개발이 필요하다. 이와 관련된 장갑형(glove-type) 햅틱 Tactile 피드백 제시 기술로는 압전소자를 이용한 방식, 공기압이나 솔레노이드 등을 이용하는 동력기(actuator)가 연구 되고 있다.[3]

착용형 인터페이스의 경우 충분한 접촉 반력 및 증력감을 제시하는데 접지형보다 불리한 면이 있으며 이를 극복하기 위해 적절한 Tactile/Force 피드백 동력기와 정확한 손의 위치와 방향의 Tracking 을 통한 정확한 시청각 인터페이스와의 동기화가 이루어져야 한다.

4.3 실감 일치형 청각 인터페이스

근신 공간 직접 상호작용 환경에서 사용자의 존재

감의 형성에 상호작용 환경과 동기화된 3차원 입체음향 기술이 중요한 역할을 한다.

청취자의 머리움직임에 따라 HMD Head Tracker로부터 수신된 정보에 기초하여 음향의 방향감 간의 상관모델을 구성하여 이를 토대로 머리 움직임 변화에 부합되는 3차원 입체 음향을 생성하고, 영상과 함께 동기화하여 몰입감을 증대시키는 실감 일치형 청각 인터페이스가 연구되고 있다. [10]

입체음향 재생(Playback) 방식은 서라운드(Surround) 타입의 멀티채널 방식과 바이노럴(Binaural) 타입의 2채널 방식으로 구분할 수 있다.

2채널에 의한 방식은 인간이 두 개의 귀로 음향을 지각하는 특성을 이용하여, 음상정위(Sound Image Localization)와 음장제어(Sound Field Control)에 의해 생성된 입체음향을 2채널에 의해서 재생하는 방식을 의 기술이 필요하다. 멀티채널에 의한 방식은 두 개 이상의 마이크로폰을 사용하여 음을 녹음하고, 다수의 스피커를 이용하여 음향의 공간적 분포를 재생하는 방식으로 Dolby AC-3, MPEG-2 오디오, DTS 등 다양한 멀티 채널 재생 방식이 있다. [1]

5. 결론

본 논문은 근신 공간 직접 상호작용 기반 가상현실 시스템의 인터페이스 시스템을 개발하는 목적으로 시작된 연구의 초기 결과물로서, 우리는 가상현실 시스템을 구축함에 있어서, 사용자의 존재감 향상과 작업 성능 향상을 위하여, 사용자와 공간적 및 감각적으로 일치된 가상 인체 모델의 구현의 중요성을 정리하였으며, 기반 기술로서 시각/햅틱/청각 모달리티를 중심으로 실감 일치형 인터페이스의 기술 현황 및 연구 개발 방향을 살펴보았다.

참고문헌

- [1] Begault, D. R.. (1994). 3-D Sound for Virtual Reality and Multimedia, Academic Press.
- [2] Biocca, F. A.. (1997). The Cyborg's Dilemma: Progressive Embodiment in Virtual Environments. Journal of Computer-Mediated Communication. 3(2). Annenberg School for Communication, USC.
- [3] Burdea, G.. (1996) Force & Touch Feedback for Virtual Reality, John Wiley & Sons.
- [4] Bystrom, K. E., Barfield, W., and Hendrix, C.. (1999). A Conceptual Model of the Sense of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT, 8(2), pp.241-244.
- [5] www.evl.uic.edu/pape/CAVE/
- [6] Boulic, R., Callennec, B. L., Herren, M., & Bay, H.. (2003). Motion Editing with Prioritized Constraints, Proc. of RichMedia, Lausanne
- [7] Fischer, A., & Vance, J. M.. (2003). PHANTOM haptic device implemented in a projection screen virtual environment. Proceedings of the workshop on Virtual environments. pp.225-229
- [8] www.seos.com/griffin.htm
- [9] Heeter, C.. (1992). Being There: The subjective experience of presence. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT Press
- [10] Hahn, J.. (1992). Sound Rendering, SIGGRAPH'92 Film and video show.
- [11] www.calormen.com/Star_Trek/FAQs/holodeck-faq.htm
- [12] h-anim.org
- [13] www.cis.upenn.edu/~hms/
- [14] Latham, R.. (1998). Head-Mounted Display Survey. Real Time Graphics. 7(2), Computer Graphics Systems Development Copr..
- [15] Lim, I., & Thalmann, D.. (2002). Construction of animation models out of captured data, Proc. IEEE Conf. on Multimedia and Expo, ICME, vol 1, pp. 829-832
- [16] Magill, M. A.. (2000). Motor Learning: Concepts and Applications. Madison, WI:WCB/McGraw Hill.
- [17] whatisthematrix.warnerbros.com/
- [18] www.learning-maya.com/modeling.php
- [19] www.huntfor.com/3d/tutorials.htm
- [20] www.pbs.org/wgbh/nova/specialfx2/humans.html
- [21] Oviatt, S. (2000). Taming Recognition Errors with a Multimodal Interface. Communications of the ACM. 43(9). pp.45-51.
- [22] Parent, & Rick. (2002). Computer Animation Algorithms and Techniques, San Diego: Morgan Kaufman Publishers.
- [23] Rodríguez, I., Peinado, M., Boulic, R., & Meziat, D. (2003). Approximating Human Reaching Volumes using Inverse Kinematics, Proc. "Humanoid day", Univ of Valenciennes, Société Française de Biomécanique
- [24] Sallnas, E. L., Kirsten, R. G., & Sjostrom, C.. (2000). Supporting Presence in Collaborative Environments by Haptic Force Feedback. ACM Transactions on Computer-Human Interaction. pp.461-476.
- [25] Stanney K. M.. (2002) Handbook of Virtual Environment. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- [26] Slater, M., Usoh, M., and Steed, A.. (1995). Taking Steps: The Influence of a Walking Technique on Presence in virtual Reality. ACM Transactions on Computer-Human Interaction(TOCHI), 2(3), pp.201-219.
- [27] Slater, M., & Wilbur, S.. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments(FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT, 6(6), pp.603-616.
- [28] Salter, M., & Steed, A.. (2000). A Virtual Presence Counter. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, MIT, 9(5), pp.413-434.
- [29] www.siggraph.org
- [30] ligwww.epfl.ch
- [31] Thalmann, D.. (2001). The Role of Virtual Humans in virtual Environment Technology and Interface. In: Frontiers of Human-Centered Computing, Online Communities and Virtual Environments, Springer, London.
- [32] www.ugs.com/products/efactory/jack/index.shtml
- [33] www.vicon.com
- [34] www.microopticalcorp.com