

햅틱 증강현실 (Haptic Augmented Reality)

□ 최승문 / 포항공과대학교 컴퓨터공학과

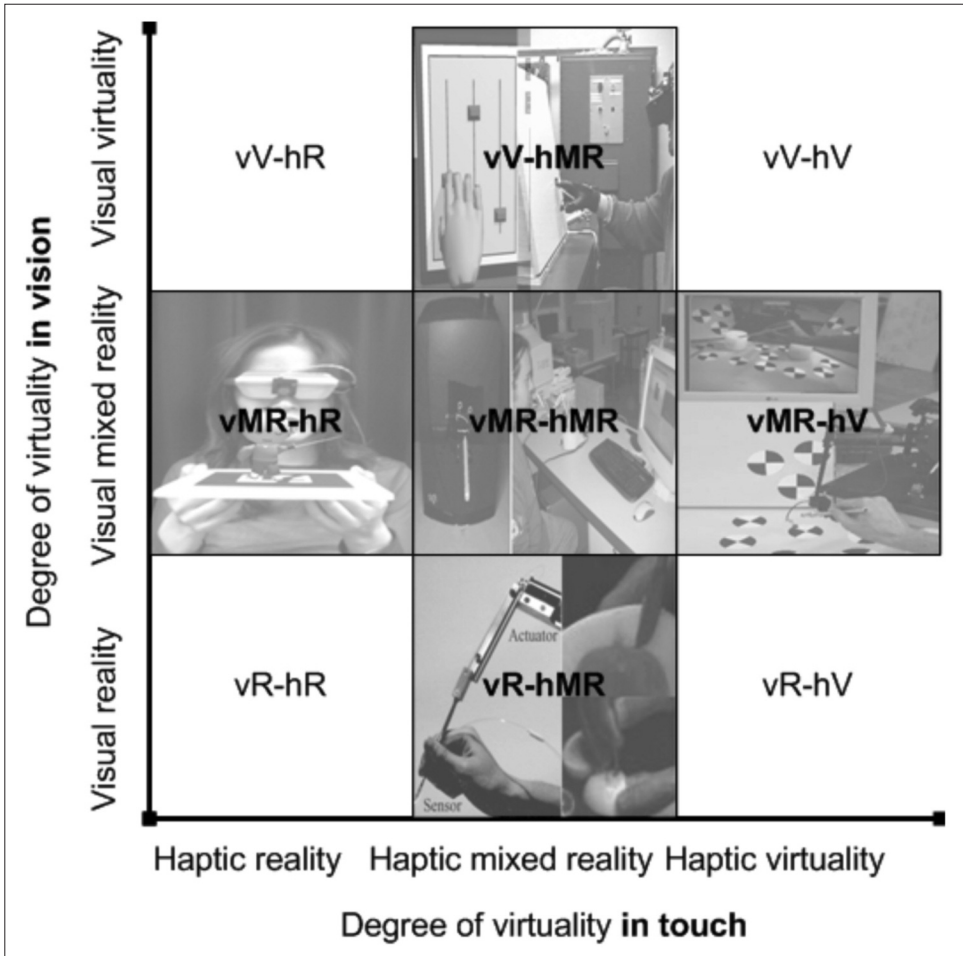
1. 햅틱 증강현실이란?

증강현실(Augmented Reality) 기술을 사용하면 실제 공간 내에 가상의 물체나 느낌을 생성하여 그 공간을 반가상 공간으로 변화시킬 수 있다. 기존의 가상현실(Virtual Reality)기술은 전체 시스템을 꾸미기 위한 하드웨어 및 소프트웨어 비용이 매우 높은 이유로 의료 시뮬레이션 등 몇몇 특정한 분야에 국한되어 사용되고 있다. 반면, 증강현실은 그 사실성이 매우 높고 구현 비용이 상대적으로 훨씬 저렴하여 응용 사례의 종류와 양에서 오히려 그 모태인 가상현실을 이미 추월한 상태이다. 특히 이동 단말 기기에서 사용자의 위치를 사용하는 방식의 위치 기반 증강현실 기술은 이미 대중적으로 사용되고 있

으며, 일반인에게 증강현실이라는 기술을 각인시키는 계기가 되었다.

본 고에서는 상대적으로 신생 기술인 햅틱 증강현실(Haptic Augmented Reality)에 대해서 소개하고자 한다. 이는 그 용어 그대로, 기존의 증강현실 기술에 햅틱 감각(촉감+역감)이 더해진 것을 의미한다. 증강현실 기술에서는 실제 공간에 존재하는 물체 사이에 가상의 물체를 더하거나, 실제 물체의 성질을 다른 형태로 변경하는 것이 가능한데, 이를 모두 촉감에 대해서 적용하는 것이라고 이해할 수 있다. 이러한 개념은 <그림 1>의 시각-햅틱 혼합현실 연속체(Visuo-Haptic Mixed Reality Continuum)에 잘 제시되어 있다. 혼합현실 연속체란 양 말단에 순수 현실(Reality)과 순수 가상

1) 혼합현실을 더 분류하면 증강현실(Augmented Reality)와 증강가상(Augmented Virtuality)으로 나눈다. 따라서 증강현실은 혼합현실의 하위 개념이나, 현재 대부분의 경우 엄밀한 구분을 두지 않고 혼합현실과 증강현실이라는 용어를 동일한 개념으로 혼용해서 쓰고 있다.

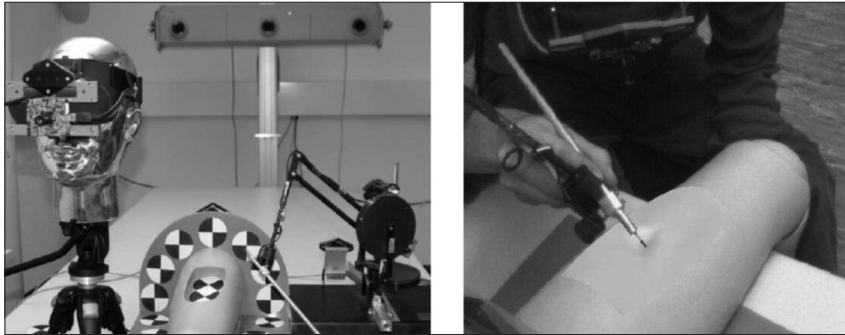


〈그림 1〉 시각-햅틱 혼합현실 연속체(Visuo-Haptic Mixed Reality Continuum) [3]

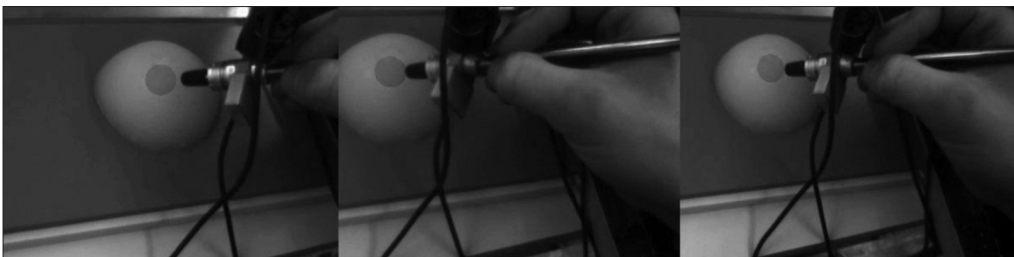
(Virtuality)을 두고 그 중간에 실제와 가상이 혼합된 혼합현실(Mixed Reality¹⁾)을 위치시킨 개념으로서, 시각 혼합현실의 분류를 위한 이론적인 바탕으로 사용되어 왔다. 이를 같은 방식으로 햅틱 감각에도 적용하여 2개의 차원으로 확장하면 〈그림 1〉과 같은 결과를 얻을 수 있다.

예를 들어 설명하면, 〈그림 2〉에서 제시하고 있는 기술은 〈그림 1〉의 증강현실 영역 중 vMR-hV

(Visual Mixed Reality Haptic Virtuality)의 예제에 해당한다. 일반적인 실제환경에 HMD등의 3D 장비를 사용하여 가상의 허벅지를 투영한 후, 이를 힘반영(Force Feedback) 햅틱 장치를 사용하여 만져보고 절개하는 연습을 수행하는 시스템이다[1]. 이는 시각적으로는 증강되어 있으나 촉감/역감적으로는 순수한 가상의 자극(Stimulus)만 존재한다.



〈그림 2〉 시각적 증강현실에 햅틱 가상현실을 더한 예제. 그림에 보여진 허벅지는 시각적으로 증강된 것이며, 이를 실제로 햅틱 장비를 사용하여 만져보고 절개할 수 있다[1]



〈그림 3〉 실리콘으로 만든 유방 모형에 가상의 종양을 생성하여 유방암 검진 훈련을 하는 모습. 그림의 빨간 부분은 가상 종양을 위치를 나타내며 실제로 사용자에게 보이지는 않는다. 유방의 느낌은 실제 실리콘이, 다양한 크기, 위치, 경도를 가질 수 있는 종양은 햅틱 장비가 생성하며, 두 가지 물리적 자극을 혼합하여 사용자에게 전달한다[2]

다음은 vR-hMR의 경우로서, 사용자는 실제 물체를 보고 만지고 있으나 손에 쥐고 있는 햅틱 장비가 가상의 촉감을 전달하여 물체의 물성을 변화시키는 예제이다. 〈그림 3〉에는 실리콘으로 만든 유방 모형을 사용자가 햅틱 장비를 사용하여 만지고 있다. 햅틱 증강현실 기술을 사용하여 다양한 모양, 크기, 경도를 가지는 가상의 종양을 유방 내부에 생성하여, 유방 촉진 시 발생하는 실제 자극과 햅틱 장비로 생성한 가상의 자극을 혼합하여 사용자에게 전달한다[2]. 사용자는 실제로 종양 덩어리를 만지는 감각을 생생하게 느낄 수 있다.

위의 예제와 같이, 햅틱 증강현실은 실제 환경 속에서 사용자가 느끼는 촉감/역감을 원하는 대로 변

화시켜 새로운 촉감/역감을 생성할 수 있는 원천 기술이다.

II. 햅틱 증강현실의 연구 현황

그 원천성 및 가능성에도 불구하고 햅틱 증강현실에 대한 연구는 매우 미흡한 편이다. 이에 대한 자세한 자료는 [3]에 정리되어 있다. 본 절에서는 가장 중요한 동향만 간략하게 언급한다.

상대적으로 가장 많은 연구가 진행된 분야는 앞 절에서 언급한 vMR-hV 분야이다. 이 경우 어느 정도 성숙된 시각 증강현실의 기술을 그대로 사용

하면서, 햅틱 장비를 사용하여 가상 물체의 햅틱 렌더링만 추가하면 된다. 가상 물체 햅틱 렌더링에 대한 연구도 많은 진행이 되어있는 상태이므로, 상대적으로 기술적 구현이 간단하다고 할 수 있다. 이 경우 가장 중요한 문제는 시각 렌더링과 햅틱 렌더링을 위하여 사용하는 공간의 좌표계 일치 문제이다. 이 부분에 사용 장비의 한계로 인해 큰 오차가 존재할 수 있고, 이 경우 물체 추적에 대한 갱신 및 오차 누적에 의해 햅틱 렌더링이 불안정해지거나 시각, 촉각 자극이 서로 일치하지 않을 수도 있다. 이 주제에 대하여 상당한 수의 연구가 진행되었으며, 대표적인 근래의 성과로서 [4]를 들 수 있다.

다음 유용한 분야로서 hMR을 들 수 있다. 가상의 햅틱 물체를 렌더링하기 위해서는 물체의 모든 성질에 대한 사실적인 모델을 미리 준비하여야 함에도 불구하고, 이렇게 생성된 촉감/역감은 실제 물체의 느낌에 비해 상당한 손색이 있는 것이 아직은 사실이다. 반면에, 햅틱 속성 증강의 경우는 실제 물체를 그대로 사용하면서 필요한 성질만 가상으로 만들어 내므로, 보다 실제적이며 그 사실성이 매우 높을 수 있다. 이에 대한 단편적인 연구는 간헐적으로 이루어져 왔으나[5][6], 체계적이고 범용적인 방법에 대한 시도는 드물었다. 근래에 물체의 경도 및 마찰을 중심으로 이를 위한 방법론이 발표되어 학계의 주목을 받고 있다[7][8].

III. 방송에의 응용 가능성

방송은 시청각적 콘텐츠를 생산하고 소비하는 가장 대표적인 매체이다. 기존의 단방향 방송에서 탈피하여, 양방향 방송으로 진화하고 있고 3D, 4D 등 그 내용 전달방식에서도 큰 변화를 겪고 있다. 근래

에는 오감 방송 등의 키워드가 부상하고 있으며, 시청각에만 의존하는 방식에서 탈피하여 인간의 오감을 완벽히 재현하여 사용자가 콘텐츠 속에 마치 존재하는 것처럼 완전히 몰입하게 되는, 이론적으로 최상의 존재감(Presence)을 구현하는 방향으로 연구가 진행되고 있기도 하다.

촉감/역감을 방송에 적용하기 위한 연구는 매우 초기 단계이다. 근래에 개념을 정립하고 그 가능성을 타진하는 정도의 성과에 그치고 있으며, 대표적인 연구로서는 [9]을 들 수 있다. 진동 등의 촉감을 주로 하는 경우에는 단방향으로 그 적용이 가능하므로 기존 방송 신호 규약에 함께 포함시켜 확장이 용이할 것으로 예상된다. 하지만 실제 물체를 만지는 느낌 등의 촉감/역감이 모두 필요한 경우에는 사용자의 움직임을 측정하여 반응하는 등의 양방향 상호작용이 필수적이므로, 이는 기존 방송의 단방향성을 탈피해야만 가능하다. 따라서 TV 등의 단말기에 사용자와 양방향 햅틱 상호작용이 가능한 일종의 호스트 기능이 탑재되어야 할 것이며, 이 단말기가 중앙의 방송통제소와 지속적으로 통신을 주고받으며 관련 콘텐츠를 갱신하는 형태의, 일종의 로봇 공학의 원격 조정/제어와 비슷한 형태의 구조가 필요할 것으로 예상된다. 또한 단말에 적용될 햅틱 장비도 현재 300달러 정도의 저가에 판매되고 있는 상용 장비 이상의 초저가 장비가 필요할 것으로 예상하며, 기계적 매개체를 사용하는 현재 방식을 극복하고 무접촉 방식으로 촉감을 전달하는 방법론 [10]도 필요할 것으로 생각된다. 결론적으로, 방송에 햅틱스를 접목하는 분야는 가상/증강 현실을 떠나서 극초기 단계에 있는 분야이므로 보다 적극적인 시도와 투자를 통한 표준/특허 선점 등이 매우 효과적일 수 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] M. Harders, G. Bianchi, B. Knoerlein, and G. Szekely, "Calibration, Registration, and Synchronization for High Precision Augmented Reality Haptics," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.15, pp.138-149, 2009
- [2] S. Jeon, S. Choi, and M. Harders, "Rendering Virtual Tumors in Real Tissue Mock-Ups Using Haptic Augmented Reality," *IEEE Transactions on Haptics*, 2011 (Preprint available at <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/TOH.2011.40>)
- [3] S. Jeon and S. Choi, "Haptic Augmented Reality: Taxonomy and an Example of Stiffness Modulation," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol.18, pp.387-408, 2009
- [4] G. Bianchi, C. Jung, B. Knoerlein, G. Szekely, and M. Harders, "High-Fidelity Visuo-Haptic Interaction with Virtual Objects in Multi-Modal AR Systems," in *Proceedings of the IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, ed, 2006, pp.187-196
- [5] C. W. Borst and R. A. Volz, "Evaluation of a Haptic Mixed Reality System for Interactions with a Virtual Control Panel," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol.14, pp.677-696, 2005
- [6] B. Bayart, J. Y. Didier, and A. Kheddar, "Force Feedback Virtual Painting on Real Objects: A Paradigm of Augmented Reality Haptics," *Lecture Notes in Computer Science (EuroHaptics 2008)*, vol.5024, pp.776-785, 2008
- [7] S. Jeon and S. Choi, "Real Stiffness Augmentation for Haptic Augmented Reality," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments (To be published)*, 2011
- [8] S. Jeon, J.-C. Metzger, S. Choi, and M. Harders, "Extensions to Haptic Augmented Reality: Modulating Friction and Weight," in *Proceedings of the IEEE World Haptics Conference (WHC)*, ed, 2011, pp.227-232
- [9] J. Cha, Y.-S. Ho, Y. Kim, J. Ryu, and I. Oakley, "A Framework for Haptic Broadcasting," *IEEE MultiMedia*, vol.16, pp.16-27, 2009
- [10] T. Hoshi, M. Takahashi, T. Iwamoto, and H. Shinoda, "Noncontact Tactile Display Based on Radiation Pressure of Airborne Ultrasound," *IEEE Transactions on Haptics*, vol.3, pp.155-165, 2010

필자 소개



최승문

- 1995년 : 서울대학교 제어계측공학과 학사
- 1997년 : 서울대학교 제어계측공학과 석사
- 2003년 : Purdue University의 *Electrical and Computer Engineering* 박사
- 2005년 ~ 현재 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과 재직중
- 2011년 : *IEEE Technical Committee on Haptics*에서 *Early Career Award*를 수상
- 주연구분야 : 햅틱스 및 그 응용