

다중 정보의 햅틱화

Haptization of Multidimensional Information

임성훈, Sunghoon Yim*, 최승문, Seungmoon Choi**

요약 햅틱화는 정보 가시화에 대응하는 햅틱스의 한 분야로, 주어진 정보를 사용자의 촉각을 통해, 효과적으로 전달하는 것을 주 목적으로 한다. 특히 다양한 정보를 동시에 제공할 경우, 햅틱화의 방법의 문제나, 사용자의 인지 능력의 문제로, 정보의 왜곡 및 전달 실패가 있을 수 있다. 이를 해결하기 위해서는, 정신 물리학적 방법론을 사용하여 사용자의 정보 인지 방법에 대해 알아내고 이를 바탕으로 하여 다양한 정보가 영향을 미치거나 왜곡 시키지 않도록 하는 정보 전달 방법을 개발해야 한다. 우리는 기존의 물체의 형태/경도 렌더링을 정보 햅틱화를 적용할 때의 문제를 해결하기 위한 알고리즘을 개발하고, 현재, 이 알고리즘을 다양한 자료 구조에 적용하기 위한 연구를 진행하고 있다. 더 나아가 형태/경도 렌더링에 더하여, 제동/마찰 등의 더 다양한 햅틱 요소를 적용할 수 있도록 알고리즘을 확장하고자 한다.

Abstract Haptization is delivering the properties of a data set to the user through the haptic sensory channels. When multidimensional information is imparted to the user, unexpected interactions between haptic attributes can cause the perceived information by the user to be distorted from what is contained in the original data set. Such possibility must be carefully considered in designing haptization methods. Previously, we developed a haptic rendering algorithm for the simultaneous presentation of object shape and stiffness for data haptization. In this research, we extend the algorithm to be applicable to several common data structures. We then shift our attention to the haptization of other haptic attributes including friction and damping.

핵심어: *Haptization, Haptic rendering, Data visualization, Data perceptualization*

본 논문은 2008 년도 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 육성·지원사업의 연구로 수행되었음. (IITA-2008-C1090-0804-0002)

*주저자 : 포항공과대학교 컴퓨터 공학과 박사과정 e-mail: algorab@postech.ac.kr

**교신저자 : 포항공과대학교 컴퓨터 공학과 교수:e-mail: choism@postech.ac.kr

1. 서론

햅틱화(Haptization)는 기존의 정보 가시화(Data Visualization)에 대응하는 햅틱스의 분야이다. 기존의 햅틱 렌더링의 경우, 실재하는 물체를 현실적인 감각으로 전해주는 것을 주목적으로 하였다면, 햅틱화는 현재 존재하는 정보를 햅틱스를 통해 전달하는 것을 주목적으로 한다. 이를 위해 주어진 정보를 사람이 인식하기에 적당한 햅틱 속성으로 변화시켜 전달한다. 이 중 중요한 부분은, 사용자가 '인지' 한 정보가 원래의 정보와 같아야 한다는 것이다. 만약, 사용자가 원래의 정보를 잘못 이해하거나 인지하면, 정보 햅틱화는 실패한 것이 된다.

정보 햅틱화 연구의 시초는 GROPE Project[1] 에서, 분자의 결합정보를 포스 피드백을 통해서도 전달하려고 한 것에 있다. 이 연구에서는 전달하려는 정보 자체가, 힘과 연관이 있으므로 정보를 힘으로 전달하는 것이 매우 타당하다. 그 외에도 다양한 날씨 정보, 및 과학적 계산 정보 등을 햅틱화 하여 표현하는 연구가 있었다[2, 3].

본 연구에서 중점적으로 연구하는 부분은 그 중에서도 복잡한 다중 정보의 햅틱화이다. 날씨 정보와 같이, 다차원의 정보가 결합된 정보를 사용자가 왜곡 없이 전달 받기 위해서는 다양한 정신물리학적 고려 및, 햅틱 렌더링 방법 자체에 대한 고려가 필요하다.

2. 다중 정보의 햅틱화

다중 정보의 햅틱화는, 다양한 차원을 가진 정보를 사용자가 효율적으로 인식하도록 제공하는 것을 주목적으로 한다. 사용자의 햅틱 채널을 통한 인지능력은, 전체적인 정보를 인지하는 시각적 인지 능력에 비해 많이 부족하고, 지역적인 정보만 제공 받을 수 있는 단점이 있다. 특히 지역적인 정보만을 제공하므로, 정보를 제공하는 시점에서 충분한 고려가 있지 않으면, 정보의 제공 방법 자체가 왜곡을 일으켜서 사용자가 정확한 정보를 인지하지 못할 수 있다.

일반적으로 정보 햅틱화를 하기 위해서는 주어진 정보를 사용자가 효율적으로 인지할 수 있는 햅틱 속성을 결정하고, 정보와 햅틱 속성 사이의 전달 함수를 디자인하여야 한다. 다중 정보의 햅틱화에서는 이에 그치지 않고, 이러한 햅틱 속성이 동시에 전달될 때의 사용자의 인지 왜곡에 대해서도 고려 해야 한다. 우리는, 이와 같은 인지 왜곡의 정도를 측정하고, 이를 고려한 정보 햅틱화 알고리즘을 개발하고자 한다.

3. 물체의 경도/형태 정보 동시 햅틱화

우리의 기존의 연구[4, 5]에서는, 물체의 경도 정보와 형태 정보를 동시에 제공하는 햅틱화에 대하여 연구하여, 이를 해결하기 위한 알고리즘을 개발하였다.

물체의 형태와 경도는, 기존의 패널티 기반 알고리즘을 통해, 렌더링 할 수 있다. 그러나, 패널티 기반 알고리즘을 통해 렌더링할 경우, 형태와 경도가 동시에 변화하면, 경도 정보에 의해 형태 정보가 왜곡되어 사용자에게 전달하게 된다. 햅틱 렌더링의 관점에서는, 실제 물체를 만졌을 때 그런 현상이 발생한다면, 문제가 없지만, 정보 햅틱화의 관점에서는 형태 정보의 제시에 실패한 것이다.

위 문제의 해결을 위해서, 사용자가 물체의 형태를 탐색할 때 사용하는 행동 양식을 정신물리학적 연구를 통해 알아내었다[4]. 이를 통해, 사용자가 물체의 형태를 알고자 할 때, 일정한 힘으로 물체의 표면을 누르면서, 만진다는 사실을 알아내고, 이 행동양식을 바탕으로, 물체의 형태를 보상해 주는 렌더링 방법을 개발하고 검증하였다. 이 렌더링 방법을 Topographic Compensation Algorithm(TCA)[5]으로 부른다.

현재 TCA 는 간단한 음함수 곡면(implicit surface)을 대상으로 개발되어 검증되었다. 이 연구를 통해, 렌더링 방법의 효용성이 검증 되었으므로, 이를 실제 정보의 렌더링이 가능하도록, 실용화 하는 것이 필요하다.

본 년도(2009)의 주된 연구 내용의 하나는, TCA 의 다른 자료 구조에의 적용이다. 특히 메쉬 구조에의 적용은 작년부터 진행 되어 온 연구이다. 메쉬 구조는 물체의 형태를 표현하기 위해 일반적으로 사용되는 자료 구조로서, TCA 의 실용적인 활용을 위해서는 기본적으로 지원해야 하는 구조이다. 경도 정보는 형태 정보의 표면에 대응 시켜서 사용할 수 있다. TCA 를 메쉬 구조에 적용하기 위해 가장 중요한 요소는, 물체의 형태가 변화하는 환경에 적용 가능한 충돌 처리 알고리즘이다.

TCA 의 실용적인 활용을 위해, 더 고려되어야 할 자료 구조로는 이미지와 볼륨 구조가 있다. 일반적인 스캐닝 자료의 경우, 이미지로 표현되거나, 3 차원 자료의 경우 볼륨 형태로 표현되는 경우가 빈번하다. 이러한 이미지 기반의 자료를 TCA 를 이용하여, 바로 렌더링 할 수 있어야, 알고리즘이 실용적으로 사용될 수 있다.

4. 마찰/ 제동 제공을 통한 햅틱화

현재의 물체의 경도/형태 동시 햅틱화 알고리즘은, 주어진 물체나 정보가 확실하게 구분 되는 표면을 갖고 있어, 형태를 전달할 수 있으며, 여기에 다른 종류의 정보를 같이 포함하고 있을 때, 사용 가능한 알고리즘이다. 그러나 이 알고리즘으로는 2 개의 정보만을 제공할 수 있다. 이 환경에서 추가로 정보를 제공할 수 있는 햅틱 요소로는, 마찰과 제동을 들 수 있다. 그러나, 단순하게, 마찰과 제동을 기존의 환경에 더하면, 경도/형태 인식에 영향을 줄 수 있다.

따라서, 제동과 마찰을 기존의 경도/형태 정보에 더하여 제시하였을 때, 사용자가 의도한 정보를 얻을 수 있는지 확인할 필요성이 있다. 또, 의도한 정보를 정확히 제시하지 못하였을 경우, 해결 방법을 고려해야 할 필요성이 있다. 이에 대한 연구 또한 본 년도(2009)에 진행할 것이다.

5. 결론 및 향후 계획

다중 정보의 햅틱화는 단순히 정보를 전달함수를 통해, 햅틱 속성으로 제공하는 것이 아니라, 사용자의 햅틱 인지 능력에 대한 깊은 고려가 필요하며, 정신물리학적 방법론이 동시에 필요하다. 이러한 부분을 고려한 렌더링 알고리즘을 연구하고 개발하고 있다.

향후에는 진동 등의 더 다양한 햅틱 요소를 이용하여, 사용자가 쉽게 인지할 수 있도록, 다중의 정보를 햅틱화 하는 방법의 연구나, 형태 정보가 없는 형태의 다중 정보를 햅틱화 하는 방법 등의 연구를 진행할 것이다.

참고문헌

- [1] Frederick P. Brooks, Jr., O.-Y. Ming, J. B. James, and P. J. Kilpatrick, "Project GROPE:Haptic displays for scientific visualization," *SIGGRAPH Comput. Graph.*, vol. 24, pp. 177-185, 1990.
- [2] D. A. Lawrence, L. Y. Pao, C. D. Lee, and R. Y. Novoselov, "Synergistic visual/haptic rendering modes for scientific visualization," *Computer Graphics and Applications, IEEE*, vol. 24, pp. 22-30, 2004.
- [3] N. Yannier, C. Basdogan, S. Tasiran, and O. L. Sen, "Using Haptics to Convey Cause-and-Effect Relations in Climate Visualization," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 1, pp. 130-141, 2008.
- [4] S. Choi, L. Walker, H. Z. Tan, S. Crittenden, and R. Reifengerger, "Force constancy and its effect on haptic perception of virtual surfaces," *ACM Trans.*

Appl. Percept., vol. 2, pp. 89–105, 2005.

[5] J. Cheon, I. Hwang, G. Han, and S. Choi,

"Haptizing Surface Topography with Varying Stiffness Based on Force Constancy: Extended Algorithm," in *Proceedings of the Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environments and Teleoperator Systems*, pp. 193–200, 2008.