

진동을 통한 색상 정보 전달

박건혁¹⁰ 오승환² 이호진¹ 최승문¹⁺

포항공과대학교 컴퓨터공학과¹ 포항공과대학교 산업경영공학과²

maharaga@postech.ac.kr, shcjz21@postech.ac.kr, hojini33@postech.ac.kr, choism@postech.ac.kr

Color Information Transfer with Vibration Feedback

Gunhyuk Park¹⁰ Seunghwan Oh² Hojin Lee¹ Seungmoon Choi¹⁺

Department of CSE, Pohang University of Science and Technology¹

Department of IME, Pohang University of Science and Technology²

1. 서 론

사람은 시각을 통해 문자를 비롯하여 여러 정보를 인식하며, 이 중 색의 정보는 시각 정보 인식에 있어서 매우 중요하다. 색은 일반적으로 여러 방식의 표현 체계를 가지고 있으며, 적용되는 분야에 따라 RGB(Red, Green and Blue)나 HSB(Hue, Saturation and Brightness)와 같은 적합한 체계로 표현되어 사용된다. 촉각을 통해 이러한 색상 정보를 전달하려는 시도는 과거 몇 차례 있었으나 특출한 결론은 도출되지 않았다. Cappelletti는 진동을 통해 색상 정보를 전달하려 시도했고, 검지, 중지, 그리고 약지에 각각 진동자 하나씩을 배치하고 진동 크기를 조절하는 것으로 12가지의 색을 구분하는 실험을 진행했으며 이를 시각으로 구분하는 경우와 비교했다. 하지만 결과에 유의한 차이가 없어 진동을 이용하면 시각과 비슷한 색상 구분 능력을 보일 수 있다고 결론지었다[1]. 또한 Martino는 HSB 색상 체계와 촉각을 포함한 다양한 신호 사이의 관계를 연구했다. 하지만 실험 결과 명도만이 진동의 주파수 및 거친 정도에 유의한 정도의 연관성을 보였고 색상과 채도는 별다른 연관성을 보이지 않았다[2].

본 논문에서는 색상 체계와 진동 사이의 대응 관계 파악 및 진동을 통한 색상 표현의 가능성을 찾는 것을 주 목적으로 한다. 우선 색을 표현하기 위해 쓰이는 색상 체계를 찾아보고, 그 중 RGB(Red, Green, Blue)와 HSB(Hue, Saturation, Brightness) 색상 체계를 선택하여 진동으로 모사하기로 결정했다. 또한 진동 요소들의 선택을 위해 Hwang이 수행했던 진동의 요소들이 구성하는 인지공간을 파악하는 방법론을 바탕으로[5] 군집 다차원척도법(Clustering Multidimensional Scaling)을 적용하였다. 이렇게 얻어진 진동 요소들을 이용하여 실험을 통해 진동 요소와 각 색상 체계 요소와의 관계를 파악함으로써 색과 진동 사이의 관계를 규명하고 앞으로의 연구 가능성을 보았다.

2. 본 론

본 논문에서 진동을 통한 표현 대상으로 삼은 색상 체계는 RGB, HSB의 두 가지 종류이다. 이 중 RGB 색상 체계는 적색, 녹색, 청색으로 이루어진 웹 색상 표현의 기본 체계로 일반인들에게 상대적으로 잘 알려져 있는 색상 체계이다. 또한, HSB 색상 체계는 시각 예술 분야에서 개발한 것으로 언어를 통해 색을 표현할 수 있다는 특징이 있으며, 색상, 명도, 채도로 이루어진 색상 체계이다. 이러한 색상 체계는 그 요소들을 조합함으로써 특정 색깔을 표현할 수 있으며, 따라서 가장 기본적인 색상 체계 요소들을 진동으로 표현할 수 있다면 색 또한 진동을 통하여 표현할 수 있는 가능성이 있다.

진동을 통해 위와 같은 색상 체계를 표현하기 위해서는 진동의 인지공간을 구성하는 진동 요소들을 파악해야 한다. 기존의 연구에 따르면 진동의 진폭-주파수[6], 진폭-패턴[7], 그리고 파형-주파수[8]의 경우 진동의 인지공간의 중요한 축을 구성하면서도 서로 독립적인 양상을 띄고 있다. 따라서 이러한 요소들을 조합할 경우 색상 체계의 요소와 같은 역할을 수행함으로써 색상 체계를 표현할 수 있는 가능성이 있다. 실험 1에서 진폭, 주파수, 그리고 패턴 중 사인파 형태의 진폭 변조를 사용하여 인지공간 상에서의 구조를 파악했다.

다차원척도법은 변수들 사이의 상호 부동성(不同性)을 바탕으로 각 변수들 사이의 거리 정보를 시각화 해주는 통계 도구들의 집합이며[3], 본 논문에서는 진동 요소들이 구성하는 진동의 인지 공간을 파악하는데 사용했다. 보통의 다차원척도법을 사용할 경우 다수의 변수를 사용할 시에 실험 시간이 지나치게 길어지는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위해 제안된 것이 군집 다차원척도법이다. Pasquero는 이를 전통적인 다차원척도법과 비교하였고, 군집 다차원척도법을 사용하는 것이 전체적인 인지 구조를 왜곡시키지 않으면서 대상 구조를 파악할 수 있음을 보였다[6]. 이러한 근거 아래 실험 1

* 본 연구는 한국연구재단의 도약연구사업(No. R0A-2008-000-20087-0), 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(NIPA-2010-C1090-1011-0008)의 연구비 지원에 의해서 연구되었습니다.

에서는 군집 다차원척도법을 사용하여 진동 진폭, 진동 주파수, 진폭 변조 주파수의 요소들이 구성하는 진동의 인지공간을 파악했다.

실험 1의 피실험자는 총 4명으로 22~25세(평균 23.5세)의 남성이었다. 20-30-40 dB SL(Sensation Level)의 진폭, 100-150-250 Hz의 주파수, 0-1-2-4 Hz의 진폭 변조 주파수를 바탕으로 구성된 진동의 인지공간을 분석한 결과 3차원일 경우 Kruskal의 스트레스 값이 11.52로 잘 묘사함을 보였다[4]. 실제 좌표들을 분석해보니 진폭 변조 주파수 요소는 원형의 분포를 보였으며, 주파수와 진폭 사이에서는 서로 독립적인 양상을 보였다. 이 중 원형의 분포를 보인 진폭 변조 주파수는 HSB 색상 체계의 색상이 가진 원형 좌표값과 대응하여 더 좋은 값을 보일 것으로 기대되었다.

실험 2에서는 실험 1에서 찾아낸 진동 요소들과 색상 체계 요소들 사이의 관계를 알아보았다. 피실험자는 총 6명으로, 22~27세(평균 25.14세)의 남성들이었으며 연습 단계와 본 실험 단계로 나누어 실험하였다. 실험의 정확성을 위해 단계 사이에는 5분의 휴식시간을 제공하였다. 피실험자는 진동을 느끼며 각 진동에 어울리는 색상 체계 요소들의 값들을 대응시켰는데, 이 때 각 요소들의 값에 맞추어 실제 색상을 시각적인 정보로 전달하였다. 전체 피실험자들의 결과를 모아 회귀 분석을 실시하였는데, 색상 요소들에 대한 수정된 결정계수의 값들이 모두 0.15 이하로 전혀 연관성을 찾아볼 수 없었다. 즉, 피실험자 공통적으로 색상과 진동을 연결시키는 관계는 도출되지 않았다. 반면 각 피실험자 별로 수행한 회귀 분석 결과에서는 본 실험 단계에서 통계적으로 유의하도록 증가한 수정된 결정계수 값을 얻을 수 있었다(연습 실험: 0.234, 본 실험: 0.393, 유의수준 < 0.001). 또한 몇몇 색상 체계 요소에 대해서는 꽤 높은 수정된 결정계수 값을 보이는 피실험자도 존재(예> 피실험자 S5, 녹색 0.849, 청색 0.907, 채도 0.790, 명도 0.899)하므로, 진동을 통해 이 값들을 표현하는 것도 가능해 보인다.

3. 결 론

실험 1의 결과 진동 요소들의 경우 진폭, 진동 주파수, 진폭 변조 주파수가 인지 공간 내에서 서로 독립적인 형태를 보임을 알 수 있었으며, 특히 진폭 변조 주파수는 HSB 색상 체계의 색상과 비슷한 추세를 보였다. 따라서 색상 체계의 요소에 대응하여 진동 요소를 사용할 경우 색상 체계를 진동으로 표현할 수 있을 것이라는 가능성이 보였다. 이를 증명하기 위해 수행한 실험 2에서는 색상과 진동 사이에 피실험자 공통적인 관계는 없어 보였다. 하지만 진동과 색상의 관계에 대해 통계적으로 유의하게 학습이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 또한 색상의 몇몇 요소들에 대해서는 특정 피실험자의 경우 진동으로도 어느 정도 표현이 가능했다. 따라서 학습을 통해 진동 신호를 이용하여 색상 정보를 인지할 수 있는 가능성 또한 존재한다고 볼 수 있었다.

추후로는 이러한 가능성을 두고 각 색상 체계의 요소와 진동의 요소를 변화시켜가며 어떠한 방식이 학습에 가장 적합한 것인지를 알아보아야 할 것이다. 또한 색상 체계에 따른 인지 공간 또한 파악하여 정확성을 검증해야 할 것이며, 더 나아가 실제 장비에서의 학습 가능성 및 그림의 인지 가능성 또한 알아보아야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Luca Cappelletti, Massimo Ferri and Giorgio Nicoletti, "Vibrotactile colour rendering for the visually impaired within the VIDET project", proceedings of SPIE in Telemanipulator and Telepresence Technologies, Vol. 3524, p. 92-96, 1998.
- [2] Gail Martino and Lawrence E Marks, "Cross-modal interaction between vision and touch: the role of synesthetic correspondence", Presence, Vol. 29, p. 745-754, 2000.
- [3] Warren S. Torgerson, "Multidimensional Scaling: I. Theory and Method", Psychometrika, Vol. 17, No. 4, pp. 401-419, 1952.
- [4] J. B. Kruskal, "Multidimensional Scaling by Optimizing Goodness of Fit to a Nonmetric Hypothesis", Psychometrika, Vol. 36, No. 1, pp. 57-62, 1971.
- [5] Inwook Hwang and Seungmoon Choi, "Perceptual Space and Adjective Rating of Sinusoidal Vibration Perceived via Mobile Device," In Proceedings of the Haptics Symposium (HS), pp. 1-8, 2010.
- [6] Jerome Pasquero, Joseph Luk, Shannon Little and Karon MacLean, "Perceptual Analysis of Haptic Icons: an Investigation into the Validity of Cluster Sorted MDS", 14th Symposium on Haptic Interfaces For Virtual Environment And Teleoperator System, pp. 67-74, 2006.
- [7] David Ternes and Karon E. MacLean, "Designing Large Sets of Haptic Icons with Rhythm", EuroHaptics 2008, LNCS 5024, pp. 199-208, 2008.
- [8] Karon MacLean and Mario Enriquez, "Perceptual Design of Haptic Icons", In Proceedings of EuroHaptics 2003, pp. 351-363, 2003.