

---

# 홈 시어터 환경에서의 다감각 4D 효과 자동 생성

## Automated Generation of Multimodal 4D Effects in Home Theater Environments

남서용, Seoyong Nam\*, 정민호, Minho Chung\*\*, 김태현, Taehyeon Kim\*\*, 유용재, Yongjae Yoo\*\*\*

---

**요약** COVID-19 대유행 이후 OTT (Over The Top) 미디어 서비스들의 눈부신 발전 및 보급으로 인해 영화, 드라마 등 각종 영상 매체를 집에서 시청하는 빈도가 크게 늘어나고 있다. 본 연구에서는 이러한 OTT 미디어 서비스 사용자들의 경험 향상을 위해, 기존 4D 영화의 각종 효과들을 집에서도 다양한 OTT 미디어에 대해 즐길 수 있는 자동 촉각 생성 알고리즘과 다감각 4D 햅틱 의자를 제안하였다. 영화 등 동영상에서 음향 및 비디오 정보를 분석하여 폭발, 전투 장면 등 다양한 이벤트를 검출한 다음, 이를 진동, 열, 바람 등 4D 햅틱 의자의 다감각 햅틱 자극 중 가장 적합한 감각에 매핑하여 장면과 어울리는 촉각 효과를 자동으로 생성해내게 된다.

**Abstract** The COVID-19 pandemic resulted in a rapid growth and widespread of Over The Top (OTT) media streaming services. Movies, soap operas, and miniseries are available option in home-based consumption. In this study, to meet to these users' needs and improved experiences, we developed an automated multimodal 4D effect generation algorithm that analyzes the audiovisual contents and create such effects. Along with this, we also implemented a 4D chair presents vibrotactile, thermal, and airflow haptic feedbacks. The algorithm detects various events such as explosion, combat, and melee fights and translated into 4D effects automatically..

**핵심어:** 4D 효과, 장면 분석(Scene Analysis), 다감각 햅틱 피드백, 홈 시어터, OTT

---

본 연구는 2023년 한국콘텐츠진흥원 문화기술개발사업 (2023-) 및 한양대학교의 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

\*주저자 : 한양대학교 컴퓨터학부 학부생

\*\*공동저자 : 한양대학교 컴퓨터학부 학부생

\*\*\*교신저자 : 한양대학교 인공지능학과 조교수; e-mail: yongjaeyoo@hanyang.ac.kr

## 1. 서론

NETFLIX나 Disney+, 쿠팡 플레이 같은 OTT 미디어 사업은 급격한 성장을 통해 주요 콘텐츠 소비 경로로 자리잡은 지 오래이다[1]. COVID-19 대유행 이전, 과거와 같이 영화를 보기 위해 영화관에 직접 가지 않고, 홈 시어터 시스템, 또는 개인화된 디스플레이를 이용하여 집에서 영화를 즐기는 사람들이 증가하고 있다. 그러나, 집이라는 공간의 제약 상 과거 영화관에서 제공하는 4D 효과까지 집에서 누리기에는 부족함이 있다고 할 수 있다. 4D 효과는 더 큰 몰입감과 개선된 미디어 경험을 제공할 수 있으므로 [2], 변화된 미디어 소비 환경에 맞춰 본 연구에서는 OTT 서비스가 제공하는 미디어에 대해 다감각 4D 효과를 자동으로 생성할 수 있는 알고리즘과 이를 사용자에게 제공하는 4D 햅틱 의자를 제작함으로써 집에서 4D 영화를 경험할 수 있도록 하였다.

## 2. 구현

### 2.1 다감각 4D 햅틱 의자

홈 시어터라는 환경을 고려하여, 운동감각 대신 진동촉각, 공기 (바람), 열각각, 그리고 찌르기(Poking) 감각을 선정하였다. 이를 위해, 진동 모터(MotorBank; MB2427-1278V) 8개, 쿨링 팬(ARCTIC; P12) 2개, 펌터 모듈(TEC1-12708) 2개 및 솔레노이드(TAU-0530T) 2개를 사용하였다. Arduino 보드(Mega 2560)와 L298N 및 릴레이 스위치로 후술할 알고리즘의 출력에 따라 액추에이터를 제어하였다. 액추에이터의 위치 및 구성은 그림 1과 같다.[그림 1 좌측에 그림 2가 오도록, 순서가 보이도록 할 것. 그림 2의 각 블록은 예시 이미지 추가. 그림 1은 소파 위에 실제 액추에이터를 overlay 할 것.]

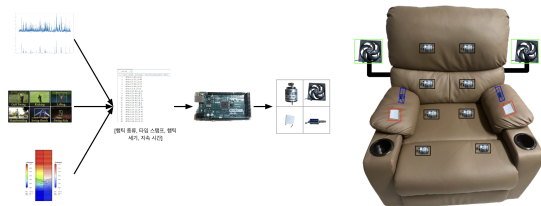


그림 1. 소프트웨어 알고리즘 파이프라인 (좌) 4D 의자 프로토타입, 흑: 진동 액추에이터, 청: 솔레노이드, 적: 펌터 모듈, 녹색: 쿨링 팬 (우)

### 2.2 Sound Detection

영화에서 발생하는 청각적 효과를 더욱 생동감 있게 전달하기 위해 음향 분석을 진행, 상황에 대한 음향적 속성을 수치로 계산하여 그에 맞는 진동을 아두이노를 이용하여 생성한다. 얼마나 큰 소리가 났는지에 대한 Loudness, 저음역대를 강조한 Booming, 마지막으로 고음역대를 강조한 Sharpness를 [2]에서 제안된 방식으로 추출, 매 순간의 이벤트에서 발생하는 음향 특성을 파악하고 촉각을 출력하였다.

### 2.3 Visual Feature Extraction

본 연구에서는 카메라의 위치 및 각도가 빠르게 자주 변경되는 영화의 특성을 고려, Optical Flow 알고리즘[2]에 Action Recognition 모델[3]을 결합한 Event Detection 알고리즘을 고안하여 전투, 폭발 등 Violent scene을 추출할 수 있다. 이와 더불어, Matplotlib 라이브러리의 Color Map<sup>1)</sup>을 활용하여 각 프레임에서 픽셀들 갖는 Sequential Color Map을 추출하고, 현재 Scene이 나타내는 온도적 특성 (Hot, Cool 등)을 추정하였다.

### 2.4 렌더링 파이프라인

동영상 입력에 대해 위 2.2-2.4절의 알고리즘을 종합하여 촉각 렌더링을 생성하여 2.1의 의자를 사용하여 출력하게 된다. 현재 방식은 동영상의 타임스탬프와 각 액추에이터의 구동 세기(단계)를 결정, 전달하고 있으며, 매 제어 루프에서 아두이노가 전달받은 값을 이용하여 액추에이터를 제어한다.

## 4. 결론

본 연구는 4D 효과를 가정 및 OTT 콘텐츠에서도 즐길 수 있도록 확장하기 위한 알고리즘과 하드웨어를 제안하였다. 현재 고도화된 영상 분석 및 촉각 매핑 알고리즘의 제작을 수행 중이며, 이후 사용자 평가를 통한 검증을 수행할 예정이다.

## 참고문헌

- [1] 오윤석, OTT 서비스 플랫폼별 이용행태 비교, 정보통신정책연구원 KISDI Stat Report, 2023.3.30.
- [2] Y. Li, Y. Yoo, A. Weill-Duflos, and J. Cooperstock, Towards Context-aware Automatic Haptic Effect Generation for Home Theatre Environments, Proc. ACM VRST 2021.
- [3] A. Bruhn, J. Weickert, and C. Schnörr, Lucas/Kanade Meets Horn/Schunck: Combining Local and Global Optic Flow Methods. J. Comp. Vis. 61. pp. 211-231. 2005.

1) [matplotlib.org/stable/users/explain/colors/colormaps.html](https://matplotlib.org/stable/users/explain/colors/colormaps.html)