

# 열 그릴 환상 기반 안전 통감에 적합한 가상 환경 분석

## Virtual Environment Analysis Suitable for Thermal Grill Illusion Based Safety Pain

이 인 권(In Kwon Lee), 허 용 해(Yong Hae Heo), 김 상 연(Sang-Youn Kim)

Interaction lab.

Korea University of Technology and Education  
{zxcvb3774, huice, sykim}@koreatech.ac.kr

### 요 약

본 연구에서는 열 그릴 환상 기반 안전 통감 제공 장치 및 통감이 발생할 만한 4가지 상황에 대한 가상환경을 구현하고, 열 그릴 환상 기반 안전 통감에 가장 적합한 통감에 대한 가상상황을 확인하기 위한 사용자 평가를 수행하였다. 평가결과, 열 그릴 환상 기반 안전 통감과 물리적인 통감 가상 상황 (핀에 찔린 상황, 손이 문틈에 끼이는 상황) 및 전기가 통하는 통감 가상 상황과의 유사성은 약 50%로 나타난다. 그리고, 불에 데이는 통감 가상 상황과의 유사성은 약 90%로 나타난다. 이러한 결과를 바탕으로 열 그릴 환상 기반 안전 통감은 물리적 및 전기적으로 발생하는 통감 상황보다는 불에 데인 통감 상황 같이 온도에 의해 발생하는 통감 상황에 더 적합한 것으로 판단된다.

**키워드:** 안전 통감, 열 그릴 환상, 촉각 피드백

### Abstract

In this study, we implemented a virtual environment for four situations in which thermal grill illusion based safety pain could occur, and conducted a user evaluation to confirm the virtual situation for the most suitable for thermal grill illusion based safety pain. As a result of the evaluation, the similarity between Thermal Grill Illusion based safety pain and physical pain virtual situations (pinned, hand caught in the door) and electrified pain virtual situations is about 50%. In addition, the similarity to the burn of fire virtual situation appears to be about 90%. Based on these results, it is judged that the thermal grill illusion based safety pain is more suitable for temperature induced pain situations such as fire induced pain situations than physical and electrical pain situations.

**Key words:** Safety pain, Thermal Grill Illusion, Tactile feedback

\* 이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1A6A1A03025526). 또한 이 연구는 2020년도 산업통상자원부 및 산업기술평가관리원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임(20011013).

## 1. 서론

열 그릴 환상은 온감과 냉감이 피부에 교차되어 느껴질 때, 온감과 냉감의 차이에 의해 강한 열감 또는 통감을 느낄 수 있는 현상이다[1]. 열 그릴 환상은 일반적인 통증과 달리, 목표 부위 주변의 통각 수용체를 작동시키지 않는다는 특징이 있다[2]. 따라서, 이 열 그릴 환상을 이용하면 사람에게 무해한 온도 범위 내에서 안전하게 통감을 제공할 수 있다[1].

S Saga 등은 가상의 통증을 구현하기 위해 열 그릴 환상을 제어하는 방법을 제안하였다[3]. 또한 Y. Salzer 등은 열 그릴 환상을 사용하여 사용자에게 온도 촉감을 제공해주는 열 전도 디스플레이를 제안하였다.[4] 본 연구에서는 기존에 제안된 열 그릴 환상 기반 통각의 잠재성 및 활용성을 확인하기 위해, 다양한 환경의 가상환경을 개발하고 열 그릴 환상 기반 안전 통감에 가장 적합한 가상 상황을 찾는 실험을 수행하였다.

## 2. 열 그릴 환상 기반 안전 통감 제공 장치

본 연구에서는 온감과 냉감을 교차로 제공해줄 수 있는 온열감 모듈과 이를 제어할 수 있는 제어 시스템을 기반으로 한 열 그릴 환상 기반 안전 통감 제공 장치를 제작하였다.

### 2.1 온열감 모듈

본 논문의 온열감 모듈은 3개의 펠티어 소자(CP30301538H, CUI DEVICES 社)와 온도 센서(223Fu3122-07U015 Thermistor, Semitec 社)로 구성된다 ([그림 1](a)). 펠티어 소자는 흐르는 전류의 방향과 세기에 따라 온도가 뜨거워지거나 차가워진다. 온도 센서는 실시간으로 펠티어 소자의 온도를 측정하는 기능을 한다.

### 2.2 제어 시스템

본 논문에서 제어 시스템은 3개의 DC 모터 드라

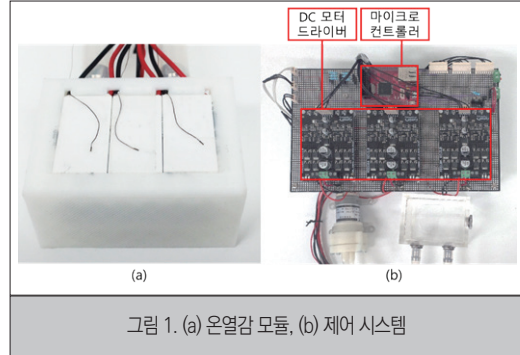


그림 1. (a) 온열감 모듈, (b) 제어 시스템

이버(MDD10A, Cytron 社), 마이크로 컨트롤러(myCortex-STM32F4, WITHROBOT 社), 수냉 시스템(워터 펌프(SZH-GNP139, OEM 社), 물탱크, 호스)으로 구성된다 ([그림 1](b)). DC 모터 드라이버는 전류의 증폭 및 전류의 방향을 바꾸는데 사용된다. 마이크로 컨트롤러는 전압 신호를 통해 DC 모터 드라이버의 출력 전류 증폭 및 방향 조절 기능을 제어하여 펠티어 소자의 온도를 높이거나 내린다. 수냉 시스템은 펠티어 소자가 과열되지 않도록 안정적으로 유지시키는 기능을 한다.

## 3. 가상환경

본 논문의 가상 화면은 Unity 3D 프로그램과 C# 언어로 개발되었으며, 에디터는 Visual Studio 2021가 사용되었다. 개발된 가상 환경은 4가지 통

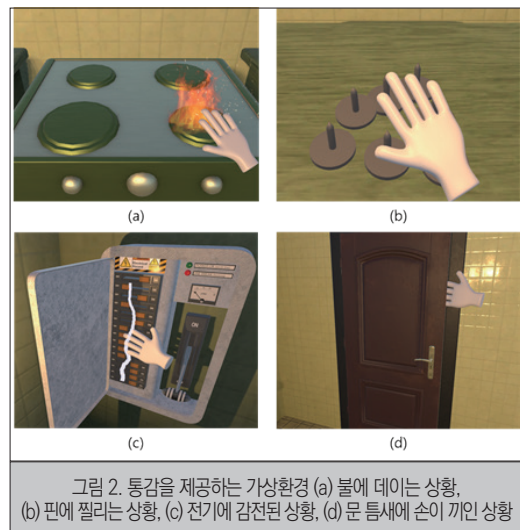


그림 2. 통감을 제공하는 가상환경 (a) 불에 데이는 상황, (b) 핀에 찔리는 상황, (c) 전기에 감전된 상황, (d) 문 틈새에 손이 끼인 상황

감 상황으로 구성된다. ((그림 2(a))는 불에 데이는 상황, ((그림 2(b))는 핀에 찔리는 상황을, ((그림 2(c))는 전기에 감전된 상황, ((그림 2(d))는 문 틈새에 손이 끼인 상황이 가상환경으로 구현되었다.

### 4. 사용자 평가

본 연구의 사용자 평가는 불에 데인 상황, 핀에 찔린 상황, 전기에 감전된 상황, 문 틈새에 손이 끼이는 상황인 4개의 가상 상황에 대해 실행되었다. 사용성 평가에는 총 10명(남성: 9명, 여성: 1명, 연령 평균: 25.1, 표준 편차: 2.80)이 참여하였으며, 실험 참여자들은 실험을 참여할 수 있는 일반적인 지각 능력(시각/촉각)을 갖추고 있었다.

실험에 앞서, 실험 참여자의 실험 이해도를 높이기 위해 실험 참여자에게 실험의 진행 과정을 설명하였다. 또한 시각정보와 촉각정보만을 활용하여 실험을 진행하기 위해 헤드셋을 착용하여 청각정보를 배제하였다. 이후, 실험참여자는 가상 환경의 통감 상황과 함께 열 그릴 환상 기반 안전 통감을 체험하고, 가상환경과 실제 촉감의 유사성을 백분율(0~100%)로 응답하였다. 또한 각 가상환경을 체험한 후에는 촉감을 회복하기 위해 3분간 휴식 후 진행하였다.

실험 결과, 가상 환경의 불에 데인 상황에서 유사성의 평균이 핀에 찔린 상황, 전기에 감전된 상황 및

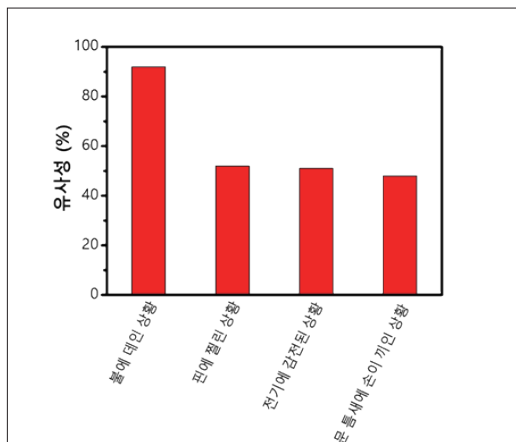


그림 3. 통감을 제공하는 가상상황과 열 그릴 환상 기반 안전 통감의 유사성에 대한 사용자 평가 결과

문 틈새에 손이 끼인 상황보다 높았다(그림 3). 이러한 결과를 통해 열 그릴 환상 기반 안전 통감은 불에 데인 통감 상황 같이 온도에 의해 발생하는 통감 상황에 더 적합한 것으로 판단된다.

### 5. 결론

본 연구에서는 열 그릴 환상 기반 안전 통감제공 장치 및 통감이 발생할 만한 4가지 상황에 대한 가상환경을 구현하였다. 이후, 열 그릴 환상 기반 안전 통감에 가장 적합한 통감에 대한 가상상황을 확인하기 위한 사용자 평가를 수행하였다. 실험 결과는 열 그릴 환상 기반 안전 통감과 유사성은 온도에 의한 통감 가상상황 (약 90 %)이 물리적/전기적에 의한 통감 가상상황 (약 50 %) 보다 높게 나타났다. 그러므로, 열 그릴 환상 기반 안전 통감은 물리적/전기적으로 발생하는 통감 상황보다는 온도에 의해 발생하는 통감 상황에 더 적합한 것으로 판단된다.

### 참고 문헌

- [1] S. T. Thunberg. "Förnimmelserna vid till samma ställe lokaliserad, samtidigt pågående köld-och värmeretning". Uppsala Läkfören Förh, vol. 2, no. 1, pp. 489-495, 1896.
- [2] Kern, Delphine, et al. "Pharmacological dissection of the paradoxical pain induced by a thermal grill." Pain 135.3, pp. 291-299, 2008.
- [3] Saga, Satoshi, Ryotaro Kimoto, and Kaede Kaguchi. "Spatiotemporal Thermal Control Effects on Thermal Grill Illusion." Sensors 23.1, pp. 414, 2022.
- [3] Salzer, Yael, Tal Oron-Gilad, and Adi Ronen. "Thermoelectric tactile display based on the thermal grill illusion." Proceedings of the 14th European conference on Cognitive ergonomics: invent! explore!. 2007.