제10회
한국햅틱스 워크샵

2017년
11월 3일~4일 금 · 토
경희대학교 국제캠퍼스(용인)
전자정보대학관

Feels So Good!

목 차

데모 · 포스터 1

Property Changing End-Effector using Pneumatic Bladder: Application to Prostate Palpation Simulator (아이시와리 탈한, 전석희) 2

tactoRing: A Skin-Drag Discrete Display (제승우, 브렌든 루니, 리웨이 찬, 안드레아 비앙키) 4

시각 장애인을 위한 사진 촬영 및 감상 시스템의 구현 (임종호, 유용재, 조한슬, 최승문) 5

착용형 손끝 햅틱 인터페이스 개발 (이용준, 김명신, 이용석, 이동준) 7

Ferro-Fluid based portable hand-tipped haptic display (H. Singh, B. Suthar, S. Zain, J. Sang-Goo, 류지환) 9

Towards Universal Haptic Library-- Library-Based Haptic Texture Assignment Using Image Texture (와심 하산, 알센 압둘라리, 전석희) 11

AirPiano: VR Piano using Mid-Air Haptic Feedback (손형기, 황인욱, 김진용) 13

Development of a Low-Cost, Robust Tactile Sensor and Applications (우삼용, 양태헌, 송한욱, 한무필) 15

Generalized Haptic Texture Rendering Framework: Incorporating the Anisotropic Texture Grain (알센 압둘랄리, 전석희) 16

Large-Area Localized Haptic-Feedback Touchscreens by Using Fretting Vibrator (Quang Van Duong, 최승태) 18

A compact and convenient radial pulsation simulator for evaluation of wearable sensors (양태헌, 우삼용, 김영민, 김재욱) 19

Perceptually Correct Haptic Texture Rendering in Mid-Air Using Focused Ultrasonic Display (아산 라자, 전석희) 20

포스터 22

햅틱 피드백 시뮬레이터를 이용한 운전 기능의 신경망 기반 모델링 및 전수 (이호진, 김형균, 최승문) 23

CNT 코팅이 된 다공성 폴리머를 응용한 압저항 방식 촉각 센서 (박경서, 김정) 25

열-진동 자극의 감성 반응: 상온 열자극의 감성적 효과 (유용재, 이호진, 최혜진, 최승문) 26

손가락 착용형 5 자유도 햅틱 장치 (임병규, 황동현) 28

4D 경험을 위한 모션 대체용 진동 효과 생성 (서종만, 문선웅, 최승문) 29

자기유변 유체를 이용한 토크 피드백 제시장치의 개념 설계 (윤인호, 김상연) 30

A NARX Neural Network for Texture Rendering on Electrovibration Display (레자 하기기 오스구이, 김진용, 최승문) 31

전기 진동 기술을 이용한 이미지 기반의 촉감 제시 기법 (최윤정, 류제하) 33

데이터 기반 온감 렌더링 (최혜진, 조성원, 신성환, 최승문)..... 35

실시간 햅틱 렌더링을 위한 수동성 기반 물리엔진 개발 및 평가 (김명신, 이동준)..... 37

HapticDrone - An Encountered-Type Kinesthetic Haptic Interface with Controllable Force Feedback: Initial Example for 1D Haptic Feedback (무하마드 압둘라, 김민지, 전석희) 39

능동적 외부 압력의 크기에 따른 진동의 최소 검출 임계치 변화 측정 (오승재, 최승문) 41

햅틱 렌더링을 위한 취성 파괴 모델링 기법 (장재현, 조현율, 김석열, 박진아) 44

우세손과 비 우세손에 진동 자극에 따른 대뇌피질의 활성 영역 비교 (양승태, 진상현, 이기현, 정선윤, 안진웅) 45

제10회 한국햅틱스 워크샵

데모 · 포스터

Property Changing End-Effector using Pneumatic Bladder: Application to Prostate Palpation Simulator

Aishwari Talhan and Seokhee Jeon
Kyung Hee University, South Korea

E-mail: {aishwari, jeon}@khu.ac.kr

발표형식: Demonstration + Poster

대표그림 및 설명

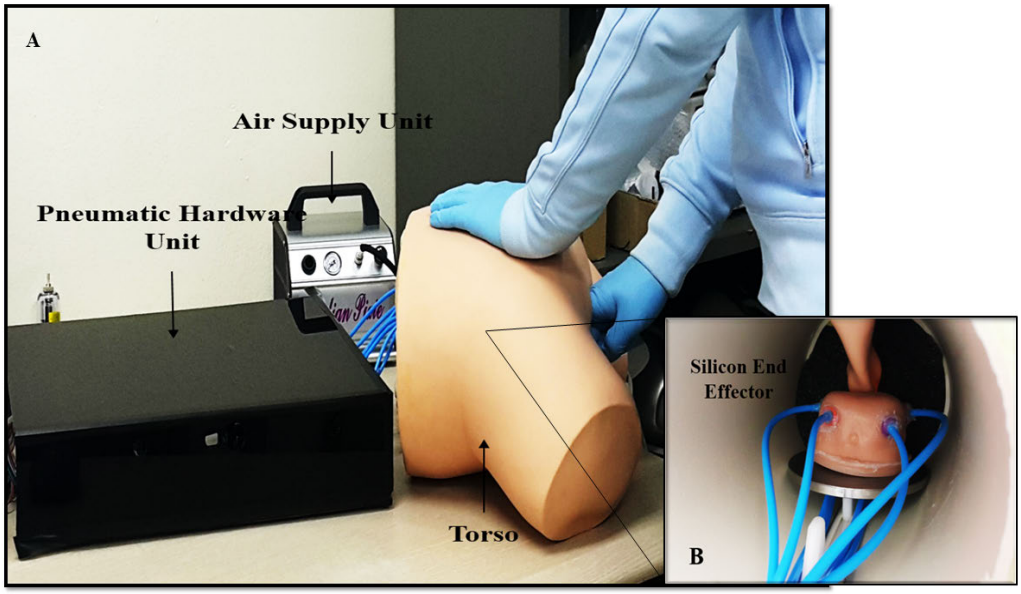


Figure 1 Illustrates the overall system components: (A) The system components during palpation, (B) Silicon end-effector inside the torso.

Summary:

In this study, we focused on building an application using pneumatics and particle jamming for prostate palpation simulator. This simulator can augment all different kinds of prostate diseases and generates reconfigurable scenarios within a single silicone end-effector. The several prostate palpation simulators are commercially available ranging from physical, mixed, and virtual simulators. However, there is no evidence that a single prostate simulator can augment all different diseases within a single end-effector. Therefore, we are aiming to present a seven cell prototype to mimic the human tissue specifically prostate gland for prostate palpation simulator with augmented haptics; capable of generating various re-configurable scenarios for several prostate diseases with a single-end effector.

In the demonstration, we will present a pneumatic-driven, property-changing, silicone prostate mock-up that can be embedded in human torso mannequin. The developed palpation simulator's highlights are as follows:

1. The mock-up has seven pneumatically controlled, multi-layered bladder cells to mimic stiffness and size changes of the prostate.

2. The working principle is that the size is controlled via blowing the end-effector with positive and negative air pressure in the chamber, while a hard nodule can be generated via particle jamming technique.
3. The programmable valves and system identification process allowed us to control the size and stiffness precisely.
4. Three distinctive abnormalities in a prostate are selected for demonstration, and multiple progressive stages of each abnormality are carefully designed based on medical data.
5. The realism and fidelity evaluation by medical professionals provides promising results as compared to other four commercially available prostate palpation simulator.

Demonstration:

This demonstration is aiming to show the performance of prostate palpation simulator. The rendering algorithm is capable of augmenting the abnormality ranging from all four stages of three prostate diseases. Our simulator exhibits higher realism and usability than conventional static mock-up based simulators. The overall system components while performing palpation can be seen in Figure 1.

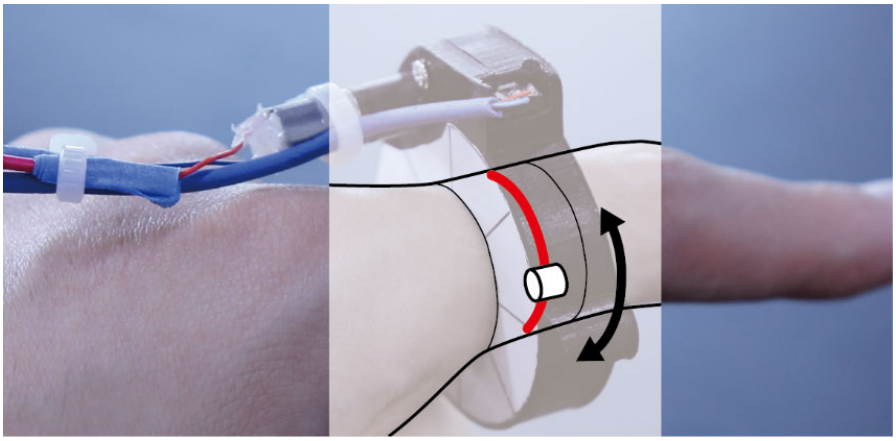
tactoRing: A Skin-Drag Discrete Display

제승우 [1], 브렌든 루니 [1], 리웨이 찬 [2], 안드레아 비앙키 [1*]

[1]KAIST
[2]National Chiao Tung University
E-mail: [1*]andrea@kaist.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터 (시연을 위한 데스크가 필요합니다.)

대표그림 및 설명



< tactoRing: 작은 tactor가 손가락 주위를 드래깅하여 정보를 전달하는 반지>

요 약 (Summary)

반지 형태를 갖는 착용 가능한 전자 기기들은 상업적인 측면이나 연구의 대상으로 관심이 높아지고 있다. 다른 웨어러블 기기와 달리, 전통적인 장신구로서 사회적으로 수용성이 높으며 손가락 피부와 직접 접촉하는 데에서 오는 이점이 있기 때문이다. 연구자들은 빛, 소형 디스플레이, 소리, 및 촉각 등 다양한 알림 방식을 탐구해 왔다. 특히, 촉각 알림과 관련하여, 진동 패턴, 압력, 힘 및 찌르기와 열의 조합 등과 같은 몇 가지 방식에 대해 연구되어 왔다.

촉각 알림은 사용자가 항상 주의를 기울이지 않아도 되고 시각이 요구되지 않는 상호작용을 제공한다는 점에서 이점이 있지만, 종래의 반지 형태를 갖는 웨어러블 장치들에서는 표현 방식이 풍부하지 못하고 사용자에게 명확하게 전달할 수 있는 정보의 양이 매우 제한되어 있었다. 이들은 소수의 촉각 피부 수용기만을 자극하는 것에 그치며, 2~5㎜ 정도로 가까운 두 점을 식별할 수 있는 손가락 피부의 높은 공간 분해능을 활용하지 못하고 있다.

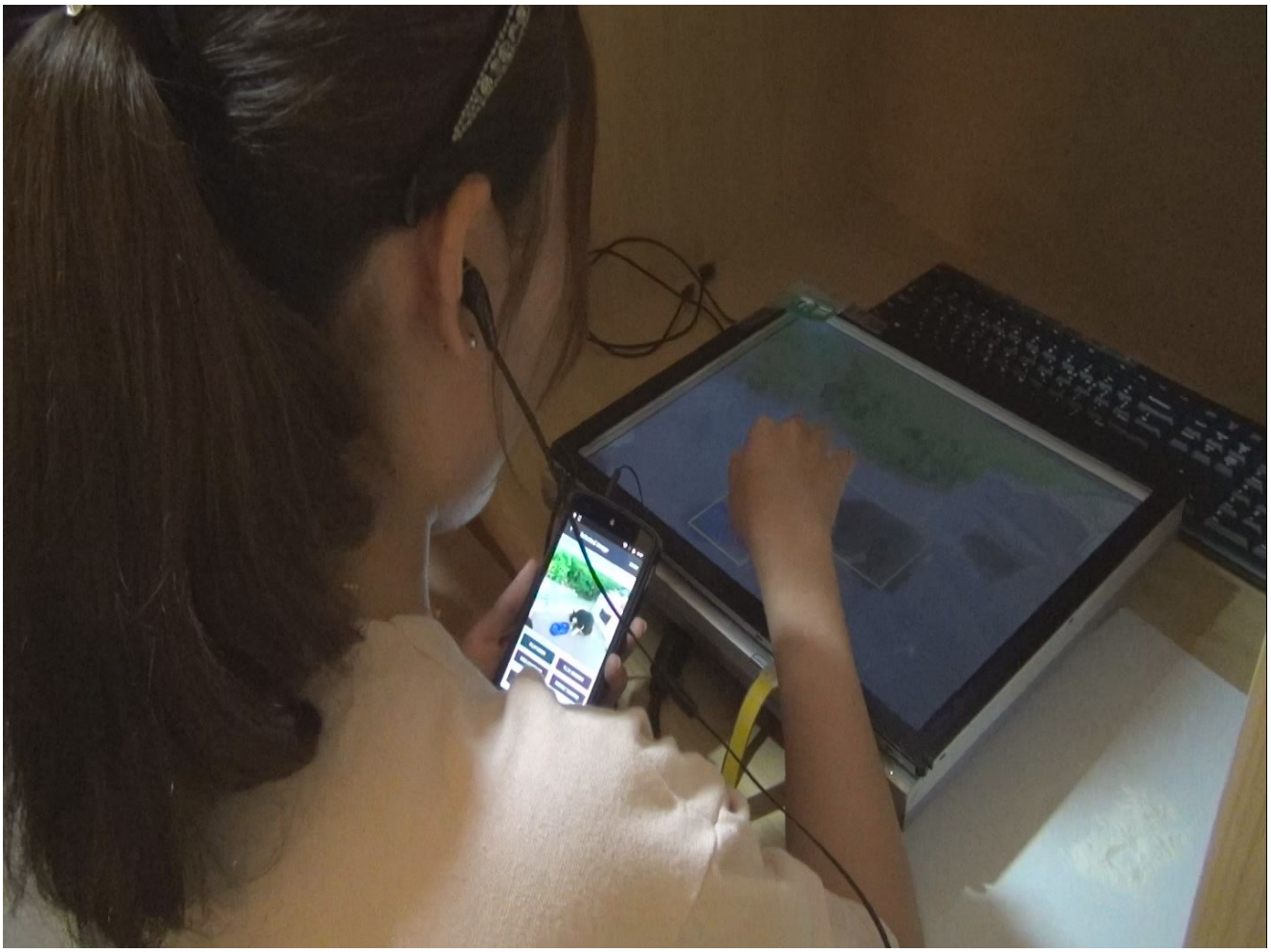
우리는 tactoRing을 제안한다. tatoRing은 작은 tactor가 손가락 주위를 드래깅하여 여러 피부 영역을 자극하여 보다 정확한 인식을 가능하게 하는 스마트 링이다. 우리는 인지 실험을 진행하였고, 이를 토대로 skin drag motion을 이용하여 94%의 정확도로 사용자에게 정보를 전달할 수 있음을 증명하였다.

시각 장애인을 위한 사진 촬영 및 감상 시스템의 구현

임종호 [1*], 유용재 [1], 조한슬 [1], 최승문 [1]
[1] 포항공과대학교
E-mail: [1*]lcdplayer@postech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<시각 장애인을 위한 사진 촬영 및 감상 시스템 시뮬레이션>

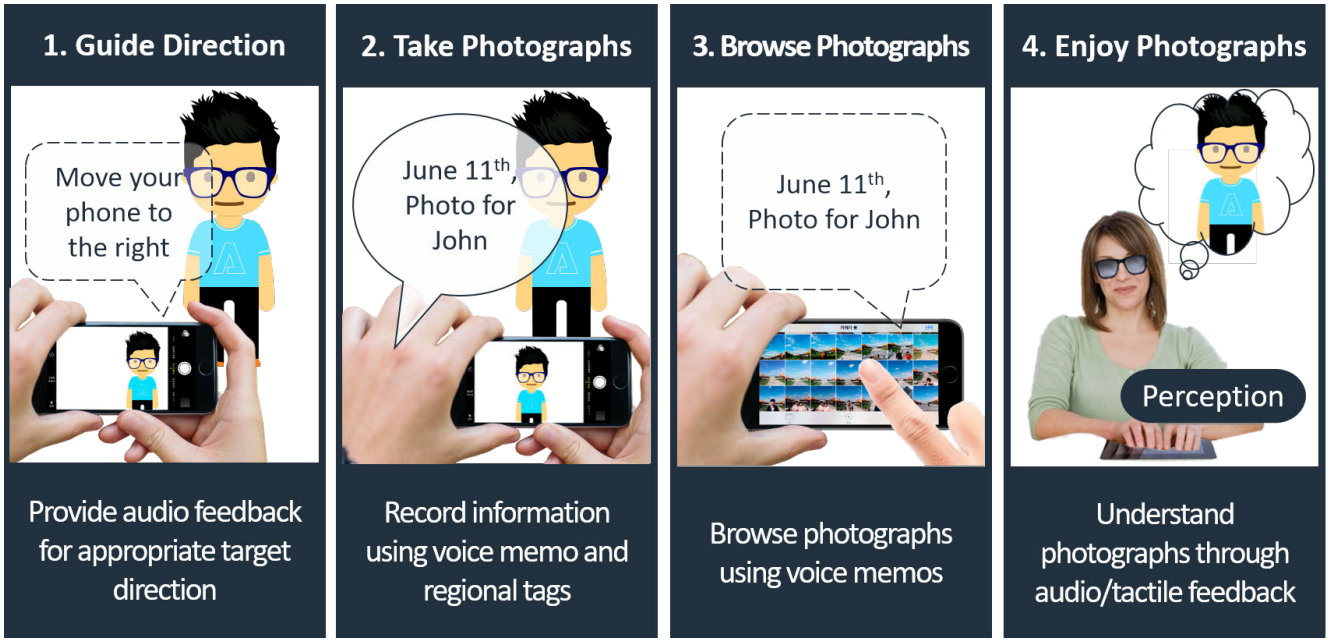
시각 장애인을 위한 사진 촬영 및 감상 시스템(TocuhPhoto)은 크게 사진 촬영을 위한 안드로이드 플랫폼의 스마트폰 (Google Nexu 5)과 정전기 마찰 진동 렌더링을 위한 정전기 마찰 디스플레이(3M, SCT3250, 17'')로 구성된다. 사용자는 스마트폰으로 독립적으로 사진을 촬영하고, 음성 태그 기능을 이용하여 사진에 대한 정보를 기록할 수 있다. 또한 감상하고 싶은 사진을 선택하여, 17인치 모니터에서 정전기 마찰 진동 및 오디오 메모를 활용하여 시, 청 및 촉각인 다중 감각으로 사진을 감상할 수 있다.

요 약 (Summary)

본 연구는 촉각을 이용한 감각 대체를 필요로 하는 대표적인 사용자 집단 중 하나인 시각 장애인을 대상으로 한 연구로, 시각 장애인들로 하여금 스스로 사진을 찍고, 사진과 관련된 음성 정보를 녹음하여 기록하고, 앨범에서 사진을 검색하고, 다중감각으로 사진을 느끼는 일련의 사용자 경험 제공을 목적으로 한다. 이를 위하여 시각 장애인이 독립적으로 사진을 촬영하고, 음성 태그를 이용하여 기록을 남긴 후, 이를 선택하여 시-청-촉각의 다중 감각으로 감상할 수 있는 TouchPhoto 시스템을 제작하였다.

TouchPhoto 시스템은 사진 촬영 모듈, 앨범 모듈, 그리고 감상 시스템으로 구성되어 있다. 장치 구현을 위하여 우리는 사전에 시각 장애인 교육 전문가 및 시스템의 실사용자(Target User) 인터뷰를 수행하여 시각 장애인의 사진에 대한 인식, 경험에 대한 조사 및 마찰 진동촉감의 인지 특성 조사를 수행하였으며, 이를 바탕으로 시각 장애인들의 편의성을 높이기 위해 감상 시스템을 대형화 (17'')하고 마찰 진동 인지 특성에 맞추어 마찰 진동 렌더링을 하였다.

TouchPhoto의 사용 시나리오는 하단의 그림과 같다. 사용자는 안드로이드 스마트폰에서 사진 촬영 및 앨범 기능을 사용할 수 있다. 시각 장애인이 독립적으로 사진을 촬영하기 위해서 구글 톡백(TalkBack) 및 얼굴 인식을 이용한 음성 가이드가 사용되었으며, 사진을 촬영한 후에 음성 메모 및 지역 태깅으로 사진에 대한 정보를 음성으로 저장하는 것이 가능하다. 저장된 사진은 앨범에서 확인할 수 있으며, 감상하고 싶은 사진을 선택하여 정전기 마찰 디스플레이가 부착된 17인치 모니터에서 사진을 만져 가며 감상하는 것도 가능하다. 인물 사진의 경우 대상의 얼굴을 정전기 마찰 진동을 이용하여 촉각으로 렌더링한다. 마찰 진동 촉감의 인지 특성 및 제한적인 정보 전달 능력을 고려하여 얼굴의 두드러진 특징인 눈썹, 눈, 코, 입, 얼굴의 윤곽선만 렌더링 하였으며, 각각의 특징들은 3차원 얼굴 모델을 바탕으로 3D 고저 렌더링을 적용하여 사용자에게 높낮이를 촉각으로 느끼게 하였다. 또한 좀 더 효과적인 촉감의 전달을 위해 눈썹, 눈, 코, 입의 진동의 파라미터(파형, 진동수)를 서로 다르게 하여 각각의 특징들을 시각 장애인이 좀 더 쉽게 인지할 수 있도록 하였다.



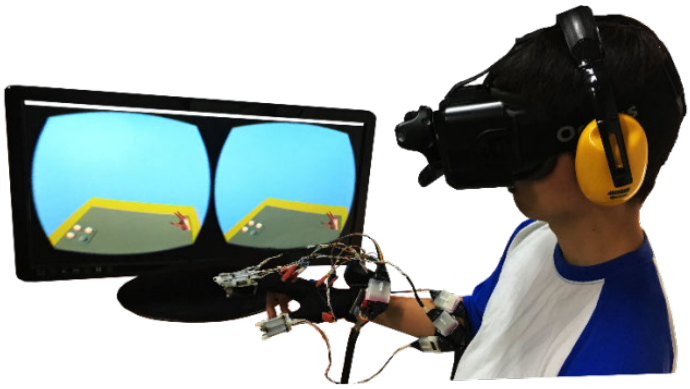
<시각 장애인을 위한 사진 촬영 및 감상 시스템 사용자 시나리오>

착용형 손끝 햅틱 인터페이스 개발

이용준, 김명신, 이용석, 이동준*
서울대학교 기계항공공학부
Interactive & Networked Robotics Lab
E-mail: leeyjlid, myungsinkim, yongseoklee, djlee@snu.ac.kr

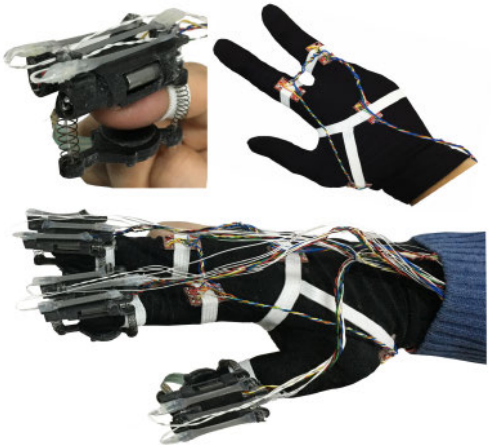
발표형식: 시연+포스터

대표그림 및 설명



< 착용형 인터페이스의 가상(VR) 햅틱 인터렉션 구현 >

가상 (VR) 환경 사용 가능한 다중 손가락/손 기반 착용형 햅틱 인터페이스(Wearable cutaneous haptic interface, WCHI)를 개발함. 사용자 손가락/손을 이용하여 가상 물체를 집어서 조작하는 햅틱 상호작용 구현에 활용함. 전체 시스템은 Oculus HMD, HTC Vive tracker, 그리고 자체 개발한 착용형 손끝 햅틱 인터페이스로 구성됨.



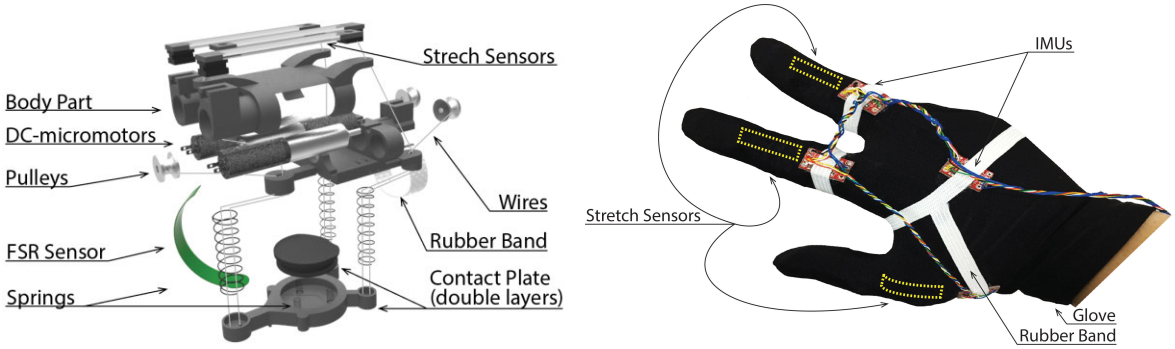
<손끝 피드백 모듈(좌), 손가락/손 트래킹 모듈(우), 그리고 착용형 손끝 햅틱 인터페이스(아래)>

착용형 손끝 햅틱 인터페이스의 경우 두 개의 모듈로 구성됨. 소프트 스트레치 센서와 FSR 센서 기반의 손끝 햅틱 피드백 모듈 (Cutaneous haptic feedback module, CHM)과 IMU와 소프트 스트레치 센서 기반의 손가락/손 트래킹 모듈 (Hand tracking module, HTM)로 구성됨.

요 약 (Summary)

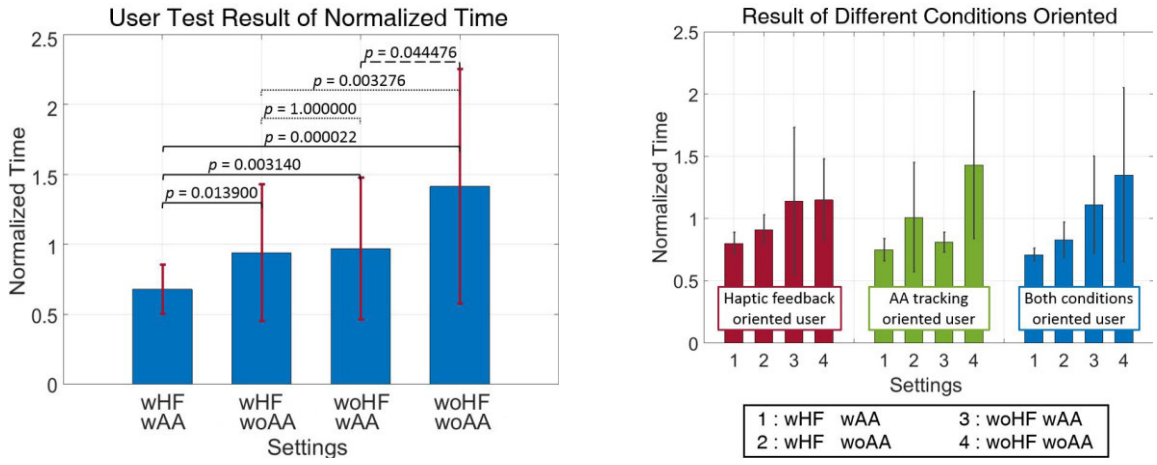
일상 실생활 속 손가락/손에 기반 작업 (터칭, 집기 등)의 많듯이 가상 (VR) 공간 상에 손가락/손 기반 햅틱은 필수적이다. 본 연구에서는 이를 위한 가상 공간 다중 손가락/손 기반 착용형 손끝 햅틱 인터페이스 (Wearable cutaneous haptic interface, WCHI)를 개발하였다. 인터페이스는 두 개의 모듈 구성되어 있다. 1) 손끝 햅틱 피드백 모듈 (3-DOF cutaneous haptic feedback module, CHM)로 가상 작업 시 사용자 손끝에 3 자유도 컨택 힘을 전달한다. 2) 손가락/손 트래킹 모듈 (Hand tracking module, HTM)로 다자유도의 손/손가락 자세를 측정/트래킹 한다.

여러 개의 다른 종류의 센서 (IMU, 소프트 스트레치 센서, 그리고 FSR 센서)를 이용한 착용형 인터페이스는 폐쇄 루프 (Closed-loop) 피드백 제어 기반에 강건한 손끝 햅틱 피드백을 전달 가능케 하며, 제한된 손/손가락 크기가 고려된 공간 효율적인 다자유도 손/손가락 자세 트래킹 (예, 엄지 TM 조인트 등)이 가능하다. 또한 동시에 두 모듈을 통합하여 함께 사용할 경우 발생 가능한 자기장 갑섭 (Magnetic interference) 문제를 해결하였다.



<손끝 햅틱 피드백 모듈(좌)과 손/손가락 트래킹 모듈(우)의 디자인, 사용된 센서와 센서 위치>

개발된 착용형 인터페이스는 사용자 테스트를 통하여 그 성능을 검증하였다. 가상 환경에서 손/손가락 기반에 가상 물체 조작 시 각 사용자 마다 영향을 받는 요인 (햅틱 피드백이 있고/없고, MCP 조인트의 내전/외전 (AA) 모션이 있고/없고의 서로 다른 4 가지 환경 구현)이 다름을 발견하였고, 결론적으론 손끝 햅틱 피드백과 다자유도 손/손가락 트래킹이 모두 중요하다는 것을 확인하였다.



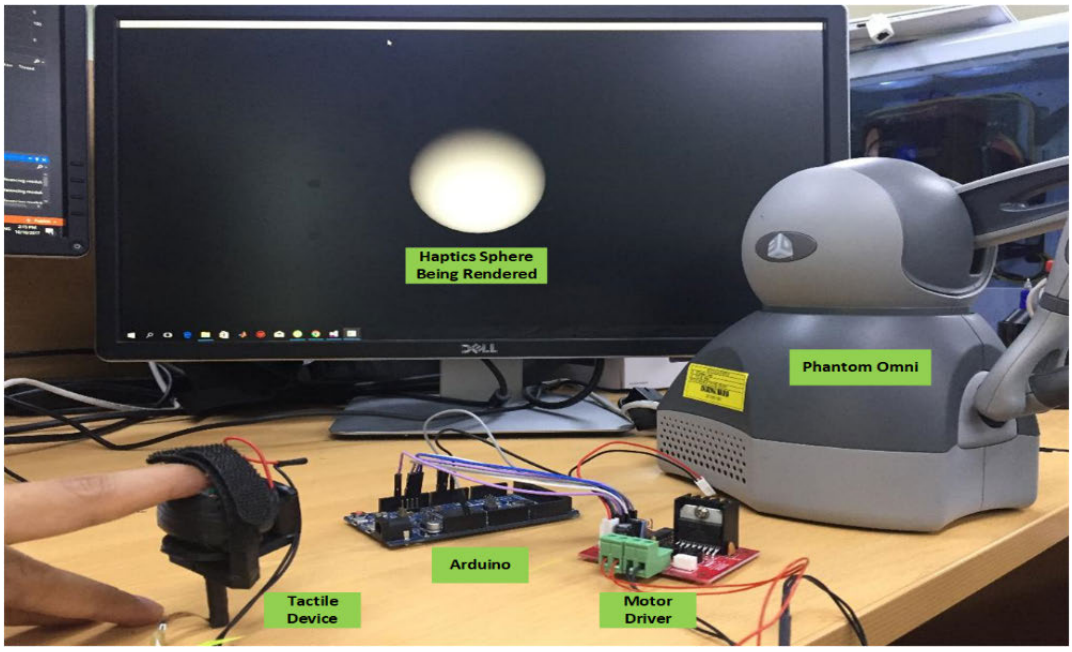
<시간 평균 표준편차와 ANOVA 테스트 결과(좌), 3가지 다른 형태의 사용자 특성(우) >

Ferro-Fluid based portable hand-tipped haptic display

H. Singh, B. Suthar, S. Zain, J. Sang-Goo and Jee-Hwan Ryu
Korea Institute of Technology Education
E-mail: harsimran.smit@gmail.com, bhivrajiitd@koreatech.ac.kr, zainmehdi45@yahoo.com, jsg1215z@koreatech.ac.kr, jhryu@koreatech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터
(참고: 다음 2 가지 중 선택 (1)시연, (2)포스터, (3) 시연+ 포스터)

Haptic device prototype and its setup



Actual prototype haptic device and its setup

요 약 (Summary)

This research propose a ferro-fluid based tactile display, which is lightweight and portable but yet can replicate convincing contact orientation and texture information. Numerous studies have been conducted to develop a tactile display for providing convincing tactile feedback. However, most of the displays were limited in portability, and restricted to delivering either texture information with vibration cues or contact orientation with force feedback. To the best of our knowledge, the proposed tactile display is the first wearable tactile display which can deliver texture information together with contact orientation, and still be lightweight and portable. New design principle of introducing ferro-fluid, reduces the number of moving actuator components, thereby making the overall device lightweight. Experimental evaluation for curvature discrimination and simultaneous orientation and texture cues with experimental prototype is carried out.

Results for Curvature and Texture Discrimination

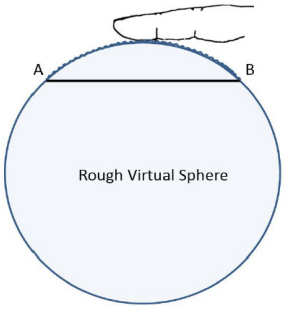


Fig. 3. Rough virtual sphere.

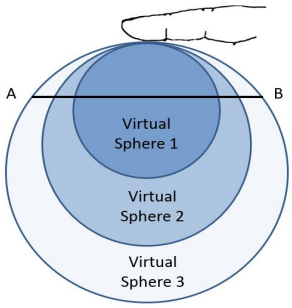
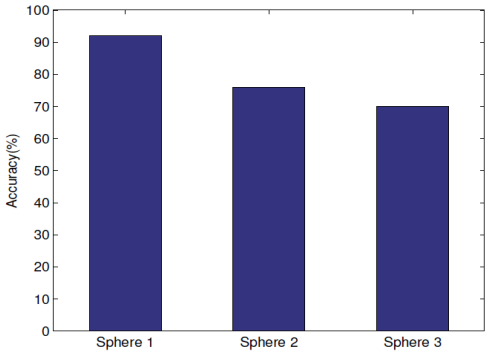
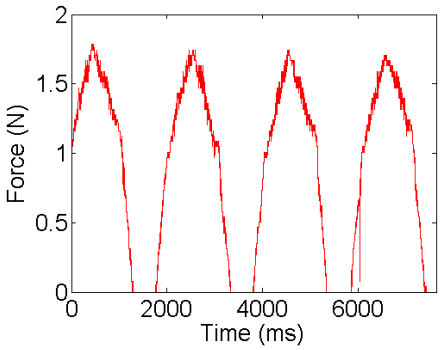


Fig. 4. Virtual spheres of different radius.





Towards Universal Haptic Library-- Library-Based Haptic Texture Assignment Using Image Texture

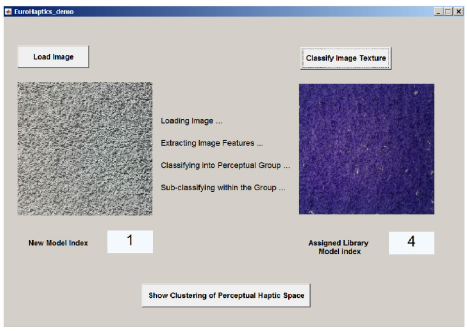
Waseem Hassan, Arsen Abdulali, Seokhee Jeon
Kyung Hee University, South Korea

E-mail: {waseem.h, abdulali, jeon}@khu.ac.kr

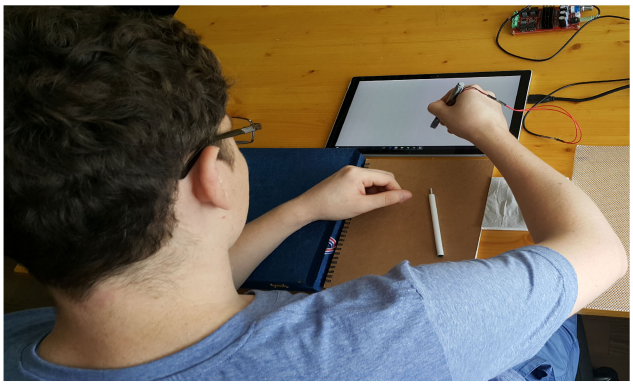
발표형식: Demonstration + Poster

대표그림 및 설명

(a) Capturing Image of a new textured surface



(b) Automatic assignment of a haptic model from the library



(c) Rendering the automatically assigned haptic model

Figure 2 Illustration of the demonstration process

Summary:

In this study we focused on building a universal haptic texture models library. This library is used to automatically assign haptic texture models to any given surface based on image features. The library is built from one-time data-driven modeling of a large number (84) of textured surfaces, which cover most of the daily life haptic interactions.

In this demonstration, we will show automatic assignment of haptic texture models to new arbitrary textured surfaces based on their image features, from the universal haptic library of haptic texture models. Afterwards, the automatically assigned haptic model will be rendered.

It is reported that haptic texture has, up to some extent, correlation with image texture. Our hypothesis is to utilize this relationship in the automatic selection of haptic texture models, instead of using pure image based selection. It is well known that two similar looking images can have totally different haptic perception and vice versa. Therefore, it is of utmost importance to cater for the perception aspects of

every image and use that knowledge in automatic assignment of haptic texture models. The overall framework required to accomplish this task can be tabulated as follows:

1. One-time data driven modeling of texture surfaces to form a library. The range of surfaces should cover most of the daily life haptic interactions.
2. A user study to establish a perceptual space where all the texture surfaces from the library are represented based on their perceptual characteristics of haptic texture.
3. Extract multiple image features of all the texture surfaces.
4. Establish a relationship between haptic perception (step 2) and image features (step 3). Haptic texture models are stored along with the associated image features.
5. Based on the relationship established in step 4, carry out automatic haptic texture model assignment, to newly encountered - outside library - texture surfaces, using the library.
6. Render the assigned model from library as a haptic model for the newly encountered texture surface.

Demonstration:

This demonstration aims at showing the performance of our system for automatic selection and rendering of haptic texture models. As a first step, the image of any textured surface is captured using a camera.
This image is then loaded into the algorithm for automatic selection. The algorithm assigns perceptually the closest haptic texture model from the library based on the image features of the new surface.
The assigned model is then rendered for the new textured surface.
The overall process can be seen in Figure 1.

AirPiano: VR Piano using Mid-Air Haptic Feedback

손형기 [1,2], 황인욱 [1], 김진용 [1]
[1] 한국전자통신연구원
[2] 과학기술연합대학원
E-mail: hagonhk, inux, jessekim@etri.re.kr

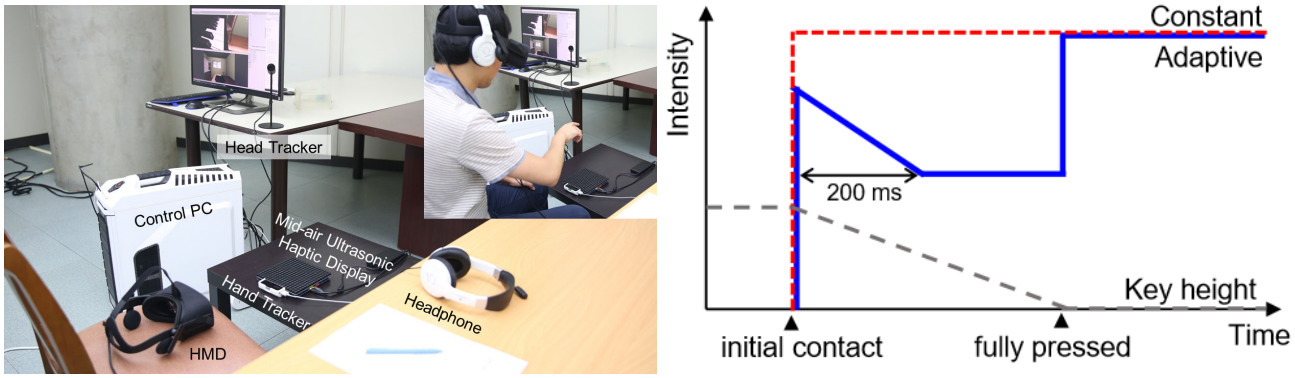
발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명

< 미드에어 햅틱 피드백을 통한 가상 피아노 연주 환경 >

요 약 (Summary)

VR 기술이 발전하면서 좀 더 풍부한 사용자 경험을 제공해 줄 수 있는 햅틱 기술이 주목 받고 있다. 이러한 이유는 VR 환경에서의 피드백이 사용자들의 몰입감 및 VR 경험에 큰 영향을 주기 때문이다. 본 연구에서는 가상 환경에서 피아노를 연주할 때 시각, 청각, 촉각 피드백을 통합적으로 사용자들에게 제공함으로써, 기존보다 가상 피아노 연주 환경을 향상시키고자 한다. 이를 위해 실제 피아노 건반 메커니즘의 초음파 기반 미드에어 햅틱 피드백을 통하여 사용자 만족도를 높이고 보다 실감 있는 피드백을 제공한다.



< 실험 하드웨어 구성 및 두 가지 피드백의 시간에 따른 세기 변화 >

구체적인 시스템 구성으로, 오큘러스 리프트(Oculus Rift)와 유니티3D(Unity3D) 게임엔진을 통해 가상환경을 구성하고, 손과 손가락 트래킹을 위해 립모션(Leap motion)을 사용한다. 또한 가상환경에서 손가락이 가상 건반 객체와 충돌할 때 초음파 기반 미드에어 햅틱 디스플레이를 통해 실제 피아노와 같은 매커니즘으로 렌더링된 초음파 햅틱 피드백을 제공한다: Adaptive Haptic Feedback은 가상 건반 객체에 닿는 순간의 세기를 사용자가 건반을 치는 속도에 비례하여 50~100%(100%가 가장 강한 세기)의 세기로 초음파를 발생시키며, 200ms가 지난 후 다시 50%의 세기로 초음파를 발생시킨다. 이후 가상 건반 객체가 완전하게 눌러진 상태가 되면 100%의 세기로 초음파를 발생시킨다. 이러한 형태의 피드백은 피아노 건반에 닿는 순간 100%의 세기로 초음파를 가상 건반과의 접촉이 끝날 때까지 균일하게 발생시키는 피드백보다 사용자들에게 더 사실적으로 피아노를 치는 느낌을 제공한다. 이 가상 피아노 연주 시스템은 연주 가이드 기능이 구현되어 있어서 사용자들이 연주를 할 때 다음으로 연주해야 할 건반을 미리 제시해 준다. 이 연주 가이드 기능을 통해 악보를 모르는 사용자들도 건반을 따라 쉽게 연주가 가능하다.

< 연주 가이드 기능. (좌) 한 손 가이드, (우) 양 손 가이드 >

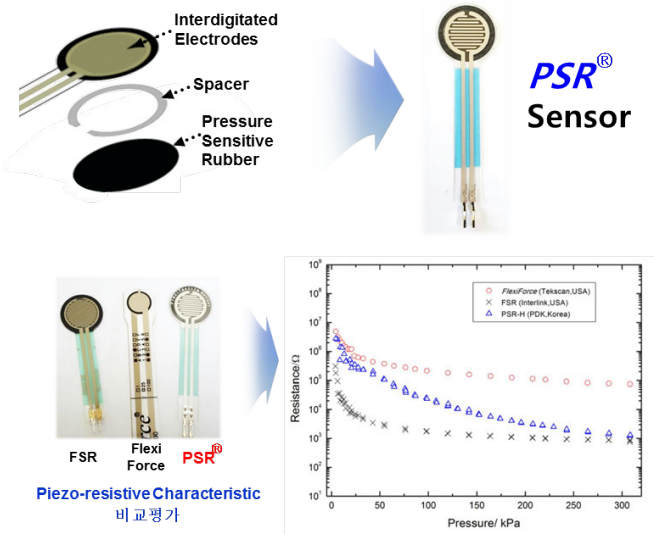
본 시스템을 통해서 사용자들은 가상환경에서 시각과 청각뿐 아니라 촉각까지 느낄 수 있는 보다 더 향상된 피아노 연주를 경험 할 수 있다. 또한 피아노를 치지 못하는 사람들도 연주 가이드 기능을 통해 쉽게 연주가 가능하다. 향후 개선된 손가락 트래킹 기술을 통해 더욱 향상된 가상 피아노 연주 시스템을 개발할 예정이다.

Development of a Low-Cost, Robust Tactile Sensor and Applications

우삼용 [1*], 양태헌 [1], 송한욱 [1], 한무필 [2]
[1] 한국표준과학연구원, 압력진공연구실
[2]㈜피디케이
E-mail: [1*]sywoo@kriss.re.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<PSR 센서 개발 및 측정 결과>

<TOS 개발>

요 약 (Summary)

로봇이나 햅틱용 힘 센서로 적합한 필름형 힘센서 (PSR)를 개발하였다. PSR은 Pressure Sensitive Resistor의 약자로 압력이나 힘을 받으면 저항이 변하는 소재로 제작 되었다. 아울러 PSR을 이용한 촉감 탑재형 스위치 (TOS)를 개발하였다. TOS는 Touch on Sound 의 약자로 평면형 스위치 여기서는 PSR 센서를 누르면 소비자에게 다양한 감성을 포함한 촉감을 제공할 수 있다.

Generalized Haptic Texture Rendering Framework: Incorporating the Anisotropic Texture Grain

Arsen Abdulali and Seokhee Jeon

Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University, Korea
{Abdulali, jeon}@khu.ac.kr

I. Introduction

Currently, the haptic rendering environment lacks sophisticated haptic texture models that are able to mimic contact vibrations of the tool-surface interaction [1, 2]. The most realistic haptic texture models are built from recordings of the real tool-surface interaction. This approach of model building is called as the data-driven approach. The most advanced haptic texture model can store and interpolate acceleration patterns even from anisotropic haptic textures [2]. In this work we generalized our recent work of anisotropic haptic texture modeling [2], so it was possible to model both anisotropic and isotropic haptic textures. We also prepared a set of anisotropic and isotropic virtual samples, which will be rendered during demonstration.

II. Hardware Setup

In order to demonstrate the quality of the modeling and rendering algorithms, we designed a tablet-PC-based hardware setup (See Fig. 1)). The tablet PC (Surface Pro 4; Microsoft) was selected as a rendering device. The contact velocity is calculated based on the contact position data from the touch screen of the tablet PC. The normal force of the contact is calculated based on readings from active digital pen (Surface Pen; Microsoft) with a sensing capability of 1024 pressure levels. The output vibrations are displayed using NI DAQ data acquisition device (USB-6251; National Instruments). This output signal is amplified by an analogue amplifier and is displayed using a voice coil actuator (Haptuator Mark II; Tactile Labs).

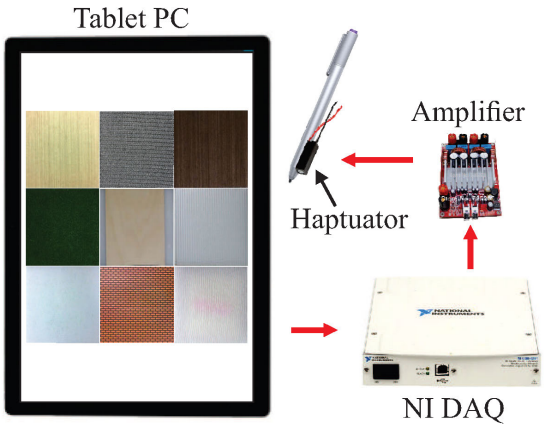


Figure1. Rendering setup

III. Demonstration Scenario

All workshop attendees can participate in proposed demonstration. The participant will sit in front of the rendering setup having two styluses. One stylus is used for the exploration of the virtual haptic texture. This stylus is equipped with a linear motor (See Fig.1). This motor plays the response vibrations back to the user during a stroke. The second stylus is provided for exploration of the corresponding real samples. After the exploration of each of the virtual-real pairs of samples, the participant is asked to provide feedback about the realism of the rendered haptic textures. The demonstration procedure is depicted in Fig.2.

Figure2. Demonstration procedure

IV. Summery

In this work we developed a computing library for anisotropic haptic texture rendering. This computing library is deployed on a table-PC-based hardware setup. In order to show the rendering quality to the audience, the set of virtual haptic texture models was built and stored into model files. The proposed demonstration scenario will help in revealing the realism of the virtual haptic textures.

References

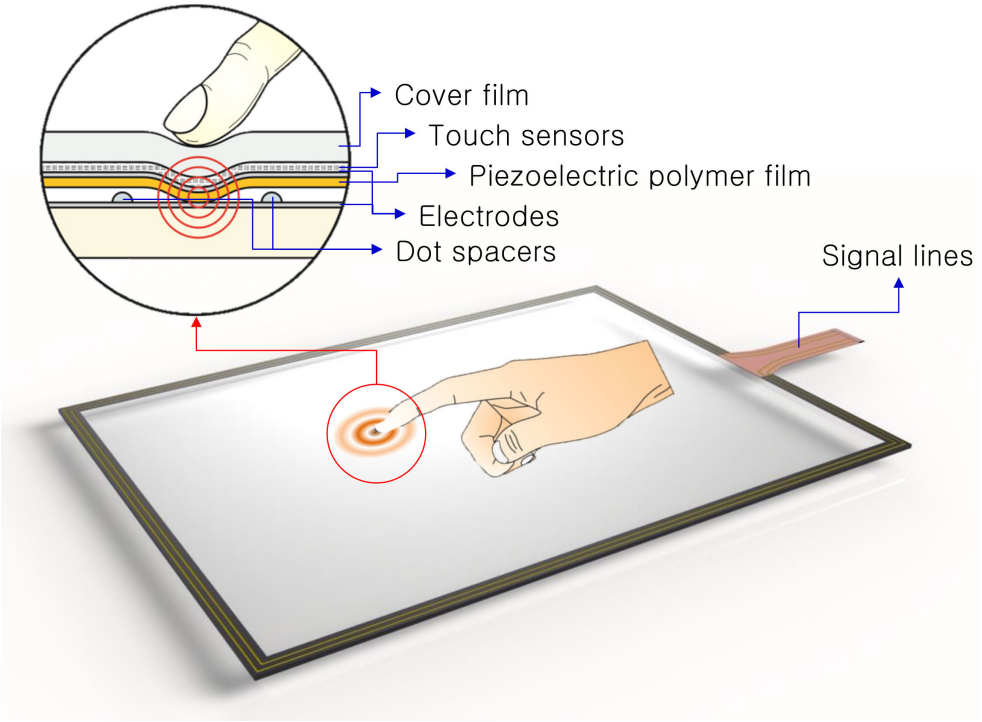
1) Culbertson, Heather, Juliette Unwin, and Katherine J. Kuchenbecker. "Modeling and rendering realistic textures from unconstrained tool-surface interactions."*IEEE transactions on haptics* 7.3 (2014): 381-393.
2) Abdulali, Arsen, and Seokhee Jeon. "Data-Driven Modeling of Anisotropic Haptic Textures: Data Segmentation and Interpolation." *International Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications*. Springer International Publishing, 2016.

Large-Area Localized Haptic-Feedback Touchscreens by Using Fretting Vibrator

Quang Van DUONG and Seung Tae CHOI*
School of Mechanical Engineering, Chung-Ang University, 84 Heukseok-ro, Dongjak-gu, Seoul 06974, Republic of Korea
E-mail: *stchoi@cau.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



Transparent 10-inch touch screen with local haptic-feedback function

요 약 (Summary)

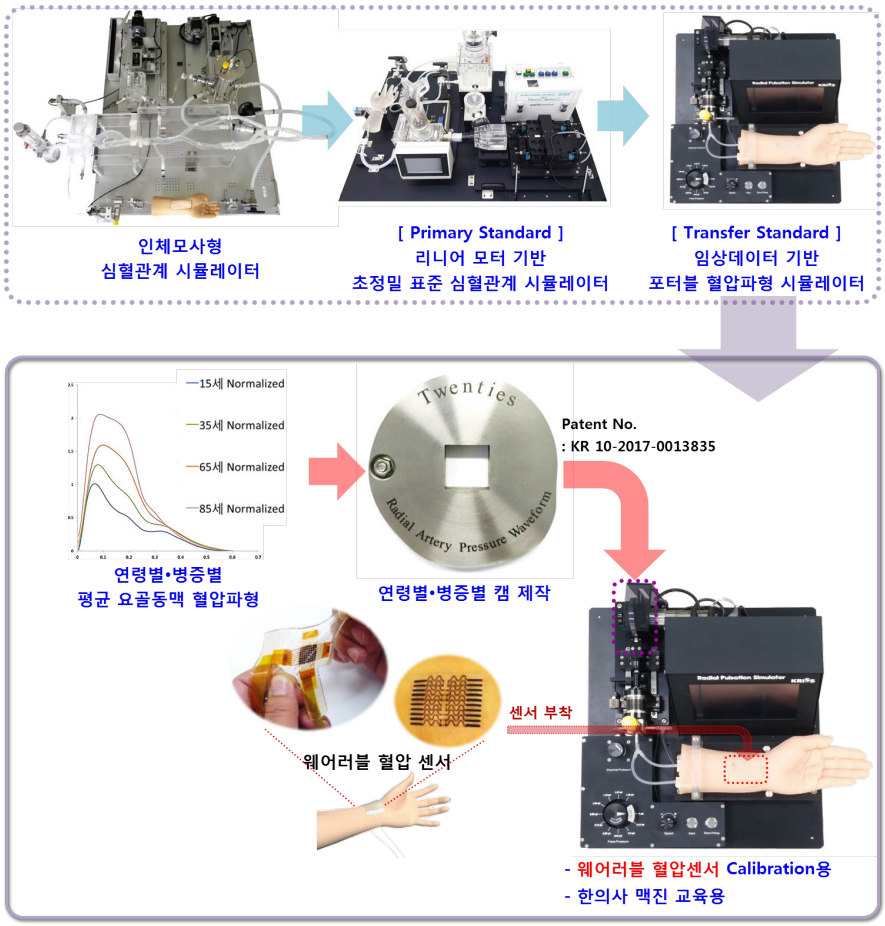
A transparent flexible ferroelectric polymer film vibrator was developed to provide the localized haptic-feedback sensation on large-area flexible touchscreens. One of relaxor ferroelectric polymers, poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene-chlorotrifluoroethylene) [P(VDF-TrFE-CTFE)] polymer, was used for the actuator material, since it produces a large strain under applied electric fields. The normal pressure by the human fingertip will mechanically activate locally-concentrated electric field, which produces a large electrostrictive strain through the paraelectric-to-ferroelectric phase transformation in P(VDF-TrFE-CTFE) polymer. The high-frequency (50-300 Hz) interplay among the contact area, electric filed, and electrostrictive strain will generate amplified fretting vibration localized right underneath of the touch area, which provides vibrotactile sensation for large-area displays.

A compact and convenient radial pulsation simulator for evaluation of wearable sensors

양태헌 [1*], 우삼용 [1], 김영민 [2], 김재욱 [2]
[1] 한국표준과학연구원, 압력진공실
[2] 한국한의학연구원
E-mail: [1*]thyang@kriss.re.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<개발된 Radial Pulsation Simulator>

요 약 (Summary)

혈압 및 파형정보를 모니터링 하기에 편리하지만, 측정 정밀도가 떨어지는 웨어러블 혈압 센서의 성능향상과 표준화를 위해, 컴팩트하고 편리한 요골동맥의 혈압파형을 재현하고 조절할 수 있는 시뮬레이터를 개발하였다. 본 시뮬레이터는 수백 명의 임상데이터를 기반으로, 캠을 제작하고, 캠의 회전에 의해 혈압파형을 재생성 할 수 있도록 개발되었다. 요골동맥의 혈압파형은 사람 심혈관계의 대동맥궁에서 발생되는 중심 대동맥 압력파형과 밀접하게 연결되어 있으므로, 요골동맥압과 중심대동맥압의 사이의 전달함수(Generalized Transfer Function) 도출을 위한 시스템 개발이 병행되어야만, 포터블한 캠 기반 시뮬레이터에서 생성된 파형만으로도 심혈관계의 질환을 예측할 수 있는 패러다임의 구축이 가능하다. 이를 위해 본 저자는 인체모사형 및 정밀형 심혈관계 시뮬레이터도 함께 개발하였고, 이를 소개하고자 하다

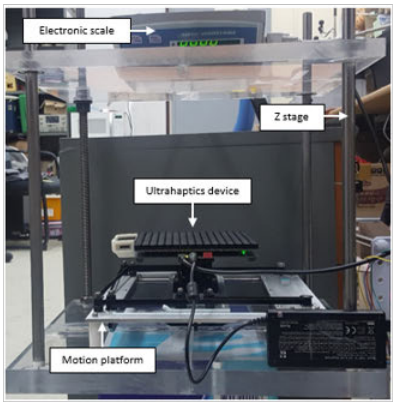
Perceptually Correct Haptic Texture Rendering in Mid-Air Using Focused Ultrasonic Display

Ahsan Raza, Seokhee Jeon
Kyung Hee University, South Korea

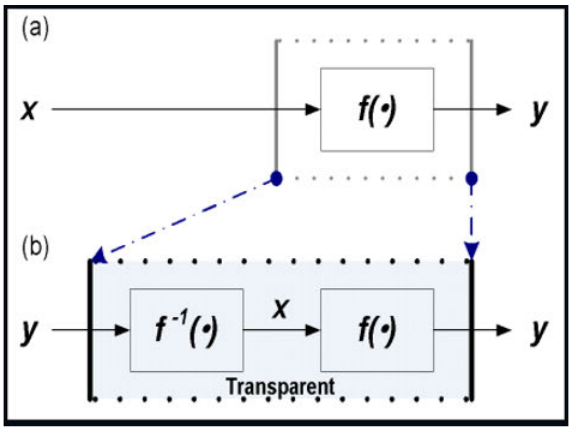
E-mail: {ahsanraza, jeon}@khu.ac.kr

발표형식: Demonstration + Poster

대표그림 및 설명



Measurment system



a) general system, b) the corresponding transparent system

Figure 3 Transparent rendering process

Summary:

This study focuses on developing a rendering algorithm to provide tactile feedback by using an ultrasonic phased array. The technique used in developing this algorithm is perceptually transparent rendering. It is a process that adjusts the input command value of the phased array so the rendered output value resembles the commanded input.

The implementation of this algorithm was preceded by some steps i.e. (1) experimental evaluation of device's performance; (2) finding a relationship between commanded parameters and output haptic feedback; (3) applying "perceptually transparent rendering" concept.

To render a focal point with a value of perceived magnitude as an input, we need to take into consideration some factors (e.g. position along x-y plane, frequency, and height of the focal point) that affect the rendering process.

1) The output force increase as we move the height of focal point up to 200 mm but it starts to decrease after that.
2) Change in frequency also exerts a slight change in output force.
3) From the position of the focal point in the x-y plane, we can discern that output force of the focal

point depletes as we move away from the centre (x=0, y=0) of the device.
Based on these factors, we have calculated a non-linear regression model that maintain the process of transparent rendering.

The demonstration aims to show the performance of this transparent rendering algorithm by rendering a 3D shape in mid-air and its comparison with the conventional way of rendering.

The process of the algorithm can be seen in Figure 1.

제10회 한국햅틱스 워크샵

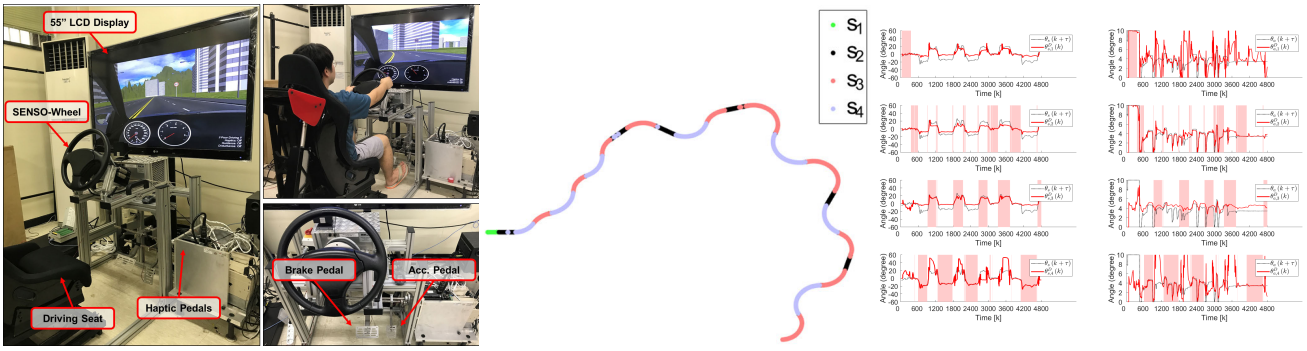
포스터

햅틱 피드백 시뮬레이터를 이용한 운전 기능의 신경망 기반 모델링 및 전수

이호진 [1], 김형균 [2], 최승문 [1*]
포항공과대학교 컴퓨터공학과 [1], 포항공과대학교 기계공학과 [2]
E-mail: [1]{hojini33, *choism}@postech.ac.kr, [2]artome87@gmail.com

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<좌측부터, (1) 햅틱 운전 교육 시뮬레이터, (2) 결정 모델링 결과,
(3) 스티어링 휠 동작 모델링 결과, (4) 가속도 페달 동작 모델링 결과>

요 약 (Summary)

최근 햅틱 피드백을 활용한 감각운동 전수 방법은 교육의 시간, 경제적인 효율성을 증대시켜 줄 뿐만 아니라 교육 자체적인 효과에서도 큰 성과를 얻고 있는 분야이다. 그 중에서도 힘 피드백을 통해 감각운동 기능을 전수하는 방식은 기존 문헌 상에 널리 활용되고 있는데, 이는 힘 피드백이 사용자의 사지에 직접적인 정보를 전달해 줄 수 있기 때문에 이러한 정보를 운동 교육에서 중요하게 여겨지는 증강 피드백(Augmented Feeback)의 일종인 수행지식(Knowledge of Performance; KP)을 매우 간편하게 변환할 수 있기 때문이기도 하다.

본 연구는 이렇게 힘 피드백을 통해 일상적인 감각운동 기능 중 하나인 운전 기능을 전수할 수 있는 햅틱 운전 시뮬레이터를 개발, 효과적으로 운전 기능을 전수할 수 있는 방법에 대해 다루려 한다. 해당 햅틱 운전 시뮬레이터는 토크 피드백이 가능한 스티어링 휠과 페달을 통해, 3차원 가상 현실의 차량을 제어할 수 있고, 본 연구에서는 모델링과 전수 모두에 해당 시뮬레이터를 사용하였다.

운전 기능은 스티어링 휠과 페달의 조작을 통한 사지 협응(Interlimb Coordination)이 매우 중요한 기능으로, 기존 논문 상에서 스티어링 휠 조작 [1] 및 페달 조작 [2] 등 운전에 필요한 부분적인 기능에 대해 힘 피드백의 효과가 증명된 바 있다. 해당 논문에서는 연구자에 의해 태스크가 매우 쉬운 형태로 모델링되어 운전 전수 실험이 시행되었다. 그러나 실제 운전 기능은 앞서 밝혔듯이 사지간의 협응을 바탕으로 한 더욱 높은 차원의 태스크를 다루고 있다고 할 수 있기 때문에, 간편한 형태로 연구자가 태스크를 모델링하는 것은 거의 불가능하다. 이에 따라 본 연구에서는 신경망 알고리즘을 바탕으로 스티어링 휠과 페달을 동시에 조작하는, 실제 운전과 비슷한 태스크를 모델링하고 이에 대해 햅틱 운전 시뮬레이터를 통해 교육하고자 하는 목표를 가지고 있다.

모델링의 기반 기술은 [3]의 연구와 같다. [3]은 신경망 알고리즘을 통해 특정 운전자의 운전 전략(Str-

ategy)을 모델링한 연구이지만, 실제 운전이 아닌 운전 유사 상황을 마우스 인터페이스로 조작하는 형태로 간략화하였기 때문에 실제 활용성에 대해서는 검증되지 않았다는 한계가 있다. 따라서 당시 연구에서 수립한 신경망을 실용화된 햅틱 운전 시뮬레이터에 적용함으로 신경망을 이용한 운전 기능 모델링의 적합성을 검증함과 동시에 실제 교육 훈련 응용이 가능하다는 것을 보일 수 있을 것이라고 생각하였다.

연구의 기초 작업으로 운전 전문가가 데이터 수집에 참여, 가상 현실 상의 도로를 60 km/h의 속도와 1 차선의 위치를 유지하며 주행하였을 때의 데이터를 수집하였다. 수집한 데이터는 [3]의 연구와 같은 재귀 신경망(Recurrent Neural Network; RNN)에 훈련 데이터(Training Data)의 형식으로 적용, 신경망에 훈련에 이용되게 된다. 특히, 본 연구에서는 인간의 행동 제어(Human Behavior Control)가 결정(Decision)과 동작(Action)을 각 계층적 구조로 수행됨을 고려 [4], 결정 계층과 동작 계층이 각각의 신경망으로 따로 존재하여 최종적인 운전 수행 모델을 제시하는 방법을 생각하게 되었다. 우리는 이를 결정 기반 신경망(Decision-based Neural Network)라고 부르며, 검증 결과 잘 훈련된 결정 기반 신경망이 인간의 행동 양식과 비슷하게 결정과 동작 계층의 각각의 역할로 잘 구분되어 수행되었음이 확인되었다.

추가적으로 해당 결정 기반 신경망에 대비, 기존 간편한 형식의 기본 신경망(Basic Neural Network) 또한 따로 구축하고 수집한 데이터를 각각의 신경망에 따로 훈련시키도록 하여 두 가지 신경망의 훈련 결과를 비교하고자 하였다. 비교를 위해 기존 운전 전문가 A 및 운전 초보자 B에 대해 다른 형태의 도로에 주행하여 인증 데이터(Validation Data)를 새로이 수집하였다. 그리고 각 신경망에 인증 데이터를 적용해 보는 방법으로 신경망이 운전 데이터 모델링 수행에 적절한지를 확인하고자 하였다. 그 결과, 실제 모델링에는 기본 신경망이 조금 더 적은 예측 오차(Prediction Error)를 발생시킴을 확인하였으나, 이를 이용하여 초보자에게 햅틱 피드백을 만들고자 할 경우 초보자의 교육에 도움이 될 수 있는 교정 오차(Correction Error)는 더욱 효과적으로 발생시킬 수 있다는 것을 확인하였다.

따라서, 본 연구에서는 햅틱 피드백을 이용한, 스티어링 휠과 페달을 동시에 사용하는 운전 교육에 신경망 알고리즘이 효과적으로 모델링에 이용될 수 있다는 사실을 보았음과 더불어, 인간의 행동 양식을 모방한 결정 기반 신경망이 햅틱 운전 시뮬레이터와 같은 실제 햅틱 훈련 응용(Application)에 더욱 효과적일 수 있다는 가능성을 보여주었다는 데 본 연구에 가장 큰 의의가 있을 것이다.

[1] L. Marchal-Crespo and D. J. Reinkensmeyer, “Haptic guidance can enhance motor learning of a steering task,” J. Mot. Behav., vol. 40, no. 6, pp. 545-556, 2008.

[2] D. A. Abbink and M. Mulder, “Neuromuscular analysis as a guideline in designing shared control,” in Advances in haptics. Vienna, Austria: InTech, 2010, pp. 499–516.

[3] M. C. Nechyba and Y. Xu, “On the fidelity of human skill models,” in Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 3, 1996, pp. 2688–2693.

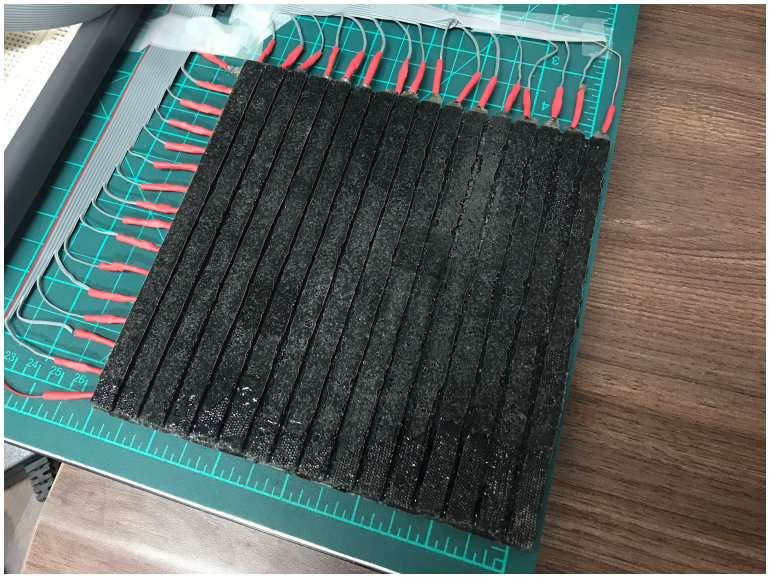
[4] J. A. S. Kelso, Human motor behavior: An introduction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1982.

CNT 코팅이 된 다공성 폴리머를 응용한 압저항 방식 촉각 센서

박경서 [1], 김 정 [2*]
[1] 한국과학기술원
[2] 한국과학기술원
E-mail: [1]kyungseo.park@kaist.ac.kr, [2*]Jungkim@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



CNT 코팅이 된 다공성 폴리머를 응용한 압저항 방식 촉각 센서

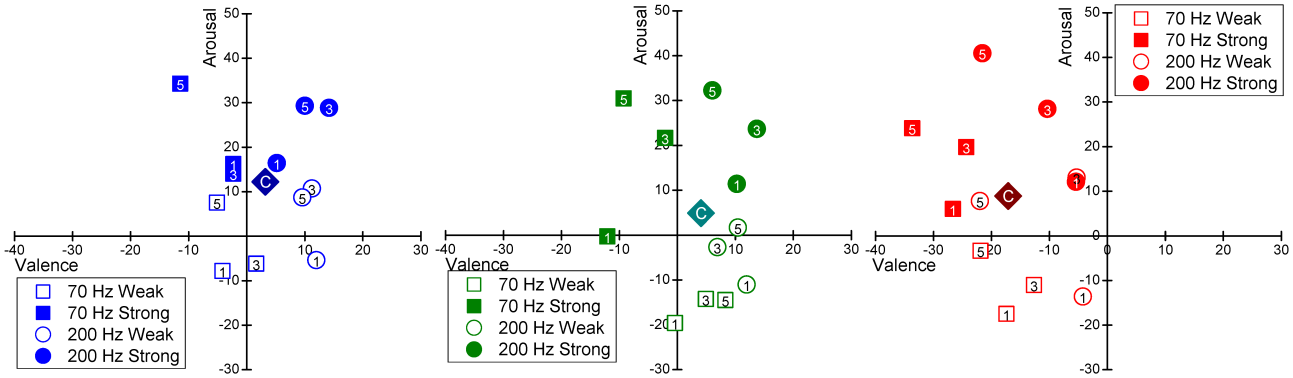
요 약 (Summary)
인간과 로봇이 공존하는 환경에 대한 연구가 진행되면서 로봇의 모든 부위에서 촉각 정보를 얻는 whole-body sensing에 대한 중요성이 강조되고 있다. 넓은 면적을 덮을 수 있는 센서를 만드는 방법은 여러가지가 있는데, 이 중 압저항 소재는 촉각 센서를 만들기 위한 재료로 널리 쓰이고 있다. 압저항 소재를 이용한 센서는 낮은 가격과 만들기 쉬운 장점이 있지만, 혼합물 방식으로 만든 압저항 소재는 특유의 이력현상으로 인해 실용화가 쉽지 않다는 단점이 있다.
본 연구에서는 다공성 폴리머의 표면을 전도성 물질로 코팅한 재료를 사용하여 촉각 센서를 만들었다. 만들어진 센서는 누른 위치와 힘을 추정할 수 있으며 낮은 이력 현상을 갖는다. 또 전도성 섬유를 전극으로 사용함으로써 전극이 직접 힘을 받아도 접촉 저항이 유지되도록 했다. 이로 인해 망치로 내려치는 등의 충격에도 센서가 잘 망가지지 않고 오히려 충격을 흡수할 수 있다.

열-진동 자극의 감성 반응: 상온 열자극의 감성적 효과

유용재 [1*], 이호진 [1], 최혜진 [1], 최승문 [1]
[1] 포항공과대학교
E-mail: [1*]dreamseed@postech.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명

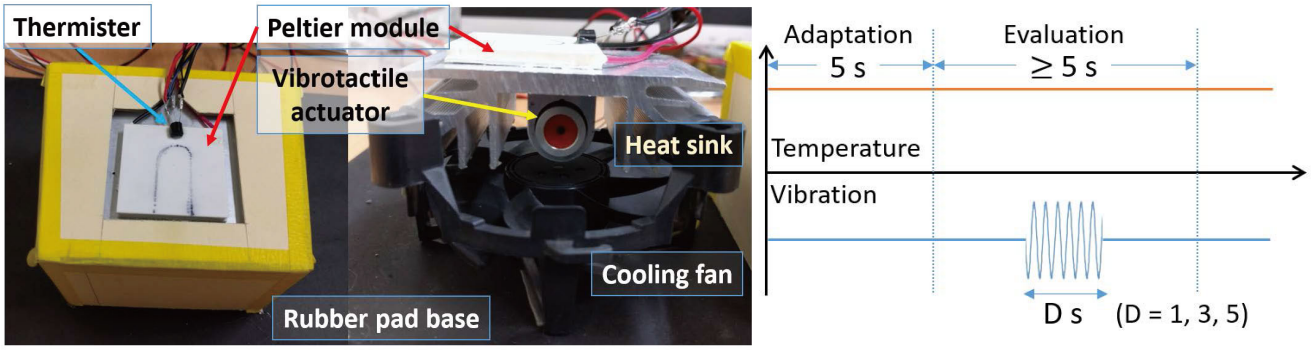


<대표그림. 열-진동 자극의 감성 반응 평가 결과. 상온 열자극의 온도(좌: 20°C, 중: 30°C, 우: 40°C)에 따라 서로 다른 분포 양상을 보이는 것을 확인할 수 있다. 진동은 강할 수록 높은 흥분도 (Arousal)를 보이며, 높은 주파수는 긍정적, 낮은 주파수는 부정적 느낌과 관련이 있다. >

요 약 (Summary)

햅틱 자극은 그 빠른 발전 속도에 힘입어 사용자 인터페이스에서 빠지지 않는 주요 인터랙션 수단이 되어가고 있다. 액츄에이터 및 렌더링 기술의 발전은 진동, 표면 마찰, 힘 반향 자극 등 다양한 햅틱 자극이 다양한 사용자 인터랙션에 적용되는 데 크게 기여하였다. 그러나, 이러한 햅틱 자극이 어떤 감정이나 느낌을 불러 일으키는지, 즉 인지 감성적인 효과에 대한 이해는 아직까지 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 이러한 햅틱 자극의 인지 감성적 효과를 알아보고자 한다. 햅틱 자극 중 가장 널리 쓰이는 진동 자극 (Vibrotactile stimuli)과 더불어, 촉감 자극 중 가장 감성적 효과가 큰 것으로 알려진 열 자극 (Thermal stimulus)을 대상으로 감성 평가 실험을 진행하였다. 실험 1에서는 온도 변화가 일어나지 않고 일정하게 유지되는 상온 열자극 (Constant-temperature stimulus)만을 대상으로 감성 평가를 진행하고, 실험 2에서는 상온 열 자극과 진동 촉감이 복합적으로 제시되는 열-진동 자극들을 대상으로 하여 사용자들이 어떻게 느끼는지 감성 평가 실험을 수행하였다.



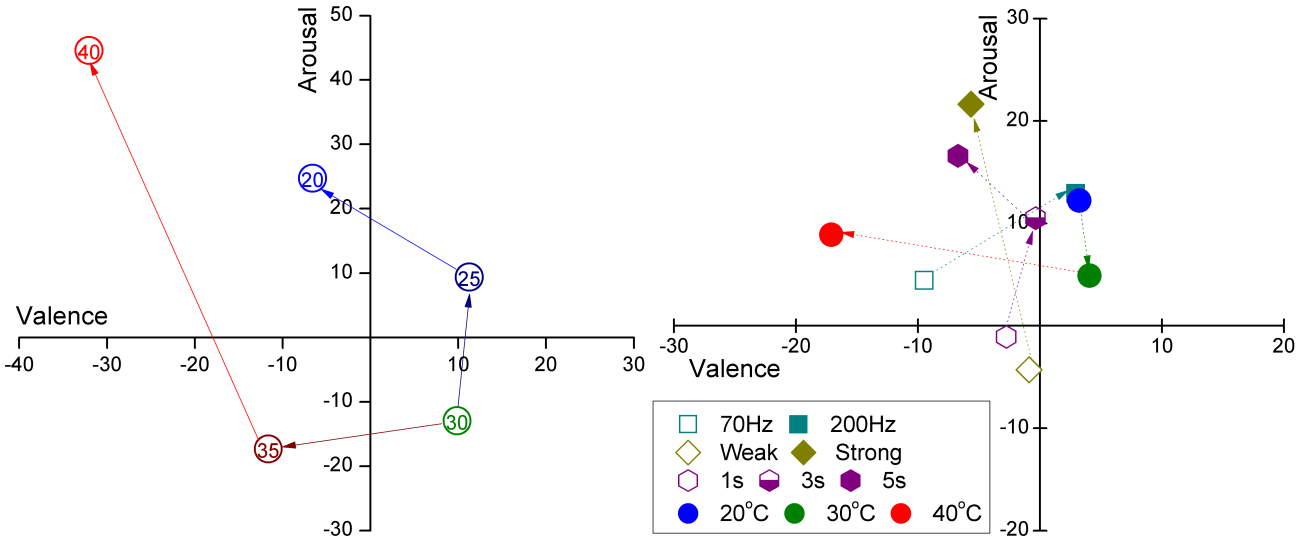
<그림 1. 실험에 사용된 하드웨어 (좌) 및 열-진동 자극의 개요 (우).>

본 연구의 실험에서는 아래 그림 1의 왼쪽과 같이 열-촉감 장치를 이용하였다. 금속 재질의 히트싱크 하단에는 진동자 (Tactilelabs, Haptuator)를, 상단에는 펠티어 소자와 열 가변 저항(Thermister)를 부착하였다. 히트싱크의 냉각을 위하여 하단에는 냉각 팬을 부착하였으며, 펠티어 소자는 PD 제어를 이용하여, 진동자는 사전 Input-Output Calibration을 통하여 원하는 온도와 진동을 생성하도록 하였다. 그림 1 우측은 사용자에게 제시한 열-진동 복합 자극이다. 우선, 상온 열자극에 사용자 피부의 온도가 충분히 적응하도록 약 5초간의 적응 시간이 주어지며, 사용자는 적응 시간 이후 5초 이상 충분히 펠티어 소자의 온도를 느낀 다음 감성 평가를 수행한다. 열 진동 복합 자극의 경우 진동은 이 때 재생된다. 감성 평가는 모니터 상에 주어진 Valence-Arousal 감성평면 상에 원하는 지점을 클릭하는 식으로 수행하도록 하였다. 여기서 Valence는 감정의 긍정-부정의 정도를 나타내는 척도이며, Arousal은 감정의 강약을 나타내는 척도이다. 예를 들어, Valence가 높고 Arousal이 낮으면 긍정적이고 겉으로 많이 드러나지 않는 약한 감정 (만족함, 평온함 등)을 의미하게 된다. 실험에 사용된 열 및 진동 자극의 파라미터는 다음 표와 같다. 실험 1은 5회, 실험 2는 3회 반복하였으며, 각 실험에서 첫 번째 평가 결과는 Training set으로 간주하여 분석에 활용하지 않았다.

<표 1. 실험에 사용된 열-진동 자극의 파라미터>

Parameter	주파수	인지 강도	길이	온도	총 자극 개수
실험 1	-	-	-	20, 25, 30, 35, 40°C	5
실험 2	70, 200 Hz	Weak, Strong	1, 3, 5s	20, 30, 40°C	36

*인지 강도는 70Hz 0.3G, 0.6G를 기준으로 Weak, Strong으로 하여, 200Hz 에서 인지적으로 같게 느껴지는 지점을 찾음.



<그림 2. 실험 1 결과 (좌), 실험 2의 각 파라미터의 mean points (우)>

실험 결과는 대표그림과 그림 2에 나타나 있다. 실험 1의 결과 (그림 2, 좌) 상온 (25°C)의 경우 가장 긍정적으로 평가되었으며, 신체 말단의 온도와 비슷한 30도의 경우 약간 낮은 수준의 Arousal을 나타내었다. 그러나 차갑게 느껴지는 20도와 40도의 경우 부정적이며, 매우 강렬하게 느껴진다는 응답이 나타났다. 열-진동 복합 자극에 대해서는 (그림 2, 우) 기본적으로 열 자극의 감성적 특성이 어느 정도 유지되는 것을 관찰할 수 있었으며, 진동의 각 파라미터의 경우 기존 연구 [1]와 같은 경향성, 즉 높은 주파수일수록 긍정적이고, 강하고 긴 진동일수록 높은 Arousal 값을 가짐을 확인할 수 있었다.

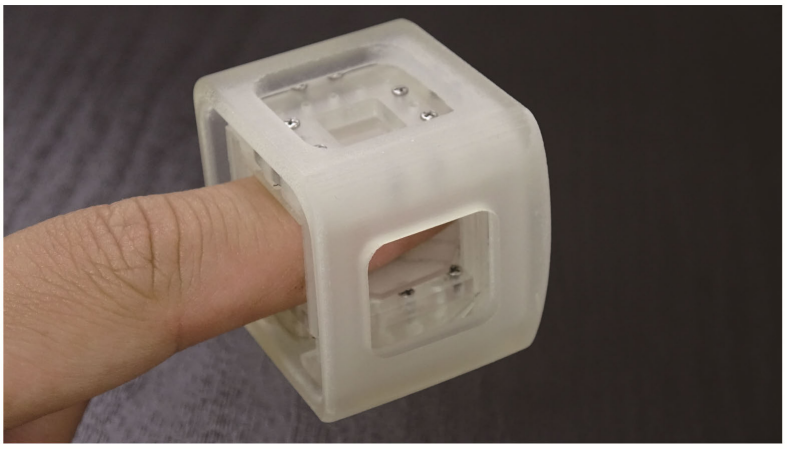
[1] Yongjae Yoo, Taekbeom Yoo, Jihyun Kong, and Seungmoon Choi, “Emotional Responses of Vibrotactile Stimuli: Effects of Frequency, Amplitude, Duration, and Envelope,” In Proceedings of IEEE World Haptics 2015.

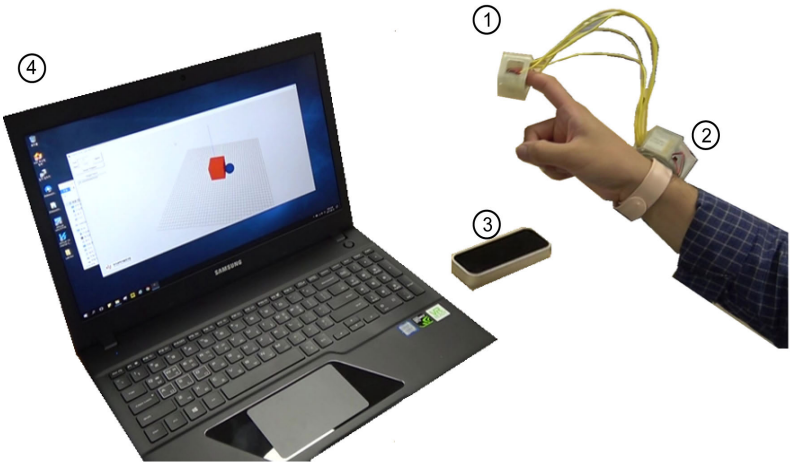
손가락 착용형 5 자유도 햅틱 장치

임병규 [1], 황동현 [1, *]
[1] 한국과학기술연구원(Korea Institute of Science and Technology, KIST)
E-mail: [1, *]{bkl9209,donghyun}@kist.re.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명





<구현된 착용형 햅틱 장치 및 HCI 응용>

요 약 (Summary)

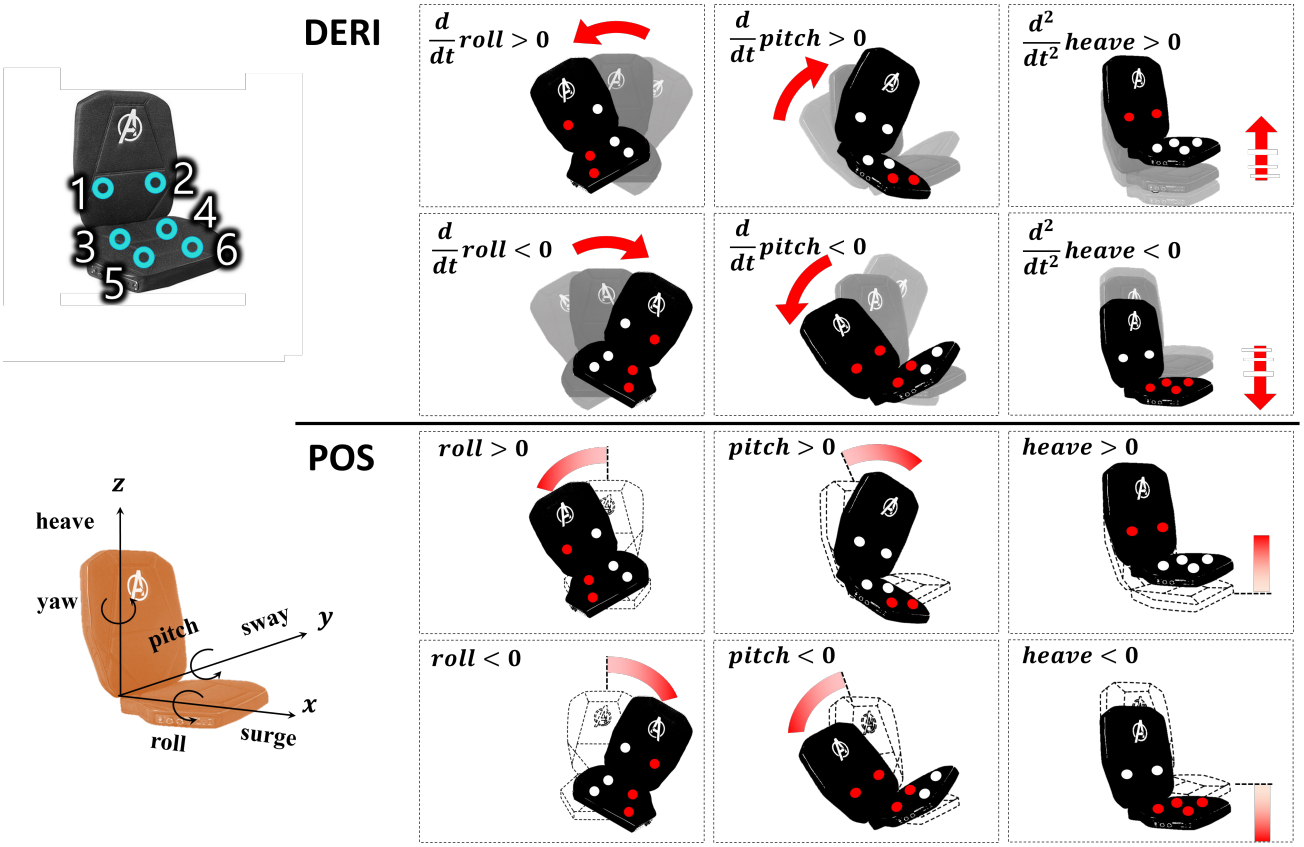
본 연구에서는 원격 또는 가상공간 내의 물체를 파지 및 조작하는 작업을 수행할 때 활용할 수 있는 큐브(cube) 형태의 손가락 착용형 촉감전달(cutaneous force feedback) 햅틱장치를 고안하였다. 편리한 착용성 및 휴대성, 기능적 우수성을 고려하여 소형 및 경량의 구조로 장치를 설계하고 다자유도 고출력 성능을 나타내도록 기구부와 액추에이터를 구성하였다. 기구부로써 적층 가능한 2종의 박막형 유연기구를 설계하여 모션가이드 및 예압 인가 스프링으로 활용하였고, 높은 무게 당 출력 비 특성을 갖는 형상기억합금 액추에이터를 장치에 적용하였다. 장치는 27×27×30 mm의 크기와 12.8 g의 무게를 가지며, 총 5자유도의 출력이 가능하도록 구현되었다. 구현된 장치의 작동 성능은 실험을 통해 평가하였으며, 실험 결과는 장치의 고 에너지밀도 특성을 보여주었다.

4D 경험을 위한 모션 대체용 진동 효과 생성

서종만, 문선웅, 최승문
포항공과대학교
E-mail: {cjman224, mtablo, choism}@postech.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<진동 생성 알고리즘 개념도>

요 약 (Summary)

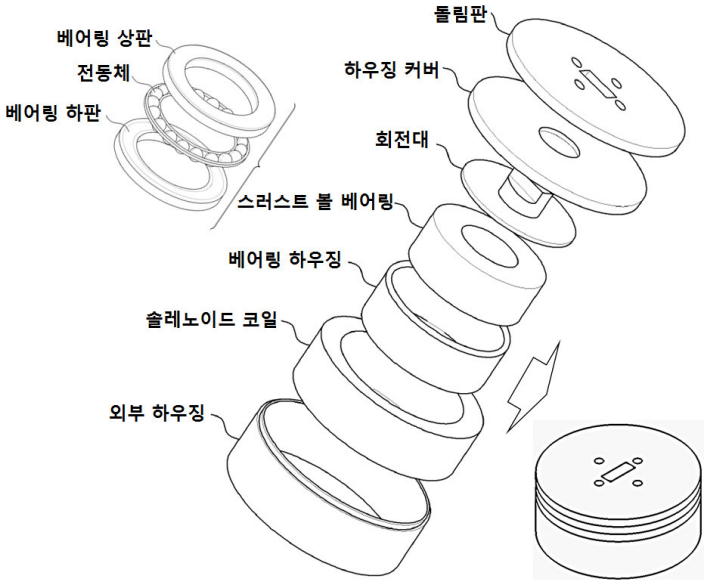
4D 영화의 관심이 높아짐에 따라 가정에서도 체험이 가능한 모션 플랫폼이 상용화 되었지만 아직은 그 가격이 상당히 높아 보급화에 어려움을 겪고 있다. 본 연구는 모션 효과를 다중 진동자가 배치된 패드에서 제공되는 진동 효과로 모사하였다. 크게 두 가지 방식으로 진동 효과를 생성하였는데, 첫 번째 방식은 모션이 전정 감각에 미치는 영향을 그대로 반영하여 각속도나 선형가속도를 진동의 세기로 표현하였고, 두 번째 방식은 직관적으로 모션이 움직일 때 향하는 방향에 따라 해당 방향에 위치한 진동의 세기를 증가시키는 원리로 생성하였다. 사용자 평가를 통해 주관적인 선호도나 몰입감, 피로도를 측정한 결과 두 번째인 방향 기반 방식이 높은 질적 평가를 받았고, 첫 번째인 속도 기반 방식이 상대적으로 빠르게 움직이는 영상에 한해 우수한 질적 평가를 받았다.

자기유변 유체를 이용한 토크 피드백 제시장치의 개념 설계

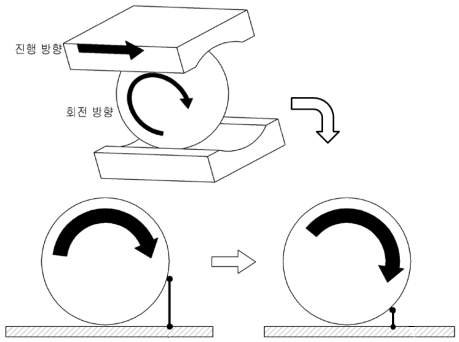
윤인호 [1], 김상연 [1]
[1] 한국기술교육대학교 인터랙션 랩
E-mail: [1]dogooly@koreatech.ac.kr, sykim@koreatech.ac.kr

발표형식: 포스터

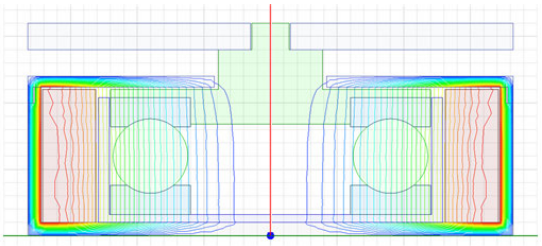
대표그림 및 설명



<제안하는 토크 피드백 제시장치의 개념설계도>



<스러스트 볼 베어링을 이용한 자기유변 유체의 압축모드 발생 원리>



<자속선 확인을 위한 유한요소법 시뮬레이션>

요 약 (Summary)

최근 스마트 물질인 자기유변 유체(Magnetorheological Fluids)를 이용한 토크 피드백 제시장치들이 개발되고 있다[1-2]. 자기유변 유체를 이용하여 개발된 장치들은 자기유변 유체의 3가지 동작모드(전단모드(Shear mode), 흐름모드(Flow mode), 압축모드(Squeeze mode)) 중에서 1개 이상의 동작 모드를 사용하여 저항력을 발생시킨다[3]. 이와 같은 3가지 동작모드 중에서 압축모드가 가장 큰 저항력을 발생시키며 전단모드가 가장 작은 저항력을 발생시킨다. 기존에 개발되어 사용되고 있는 대부분의 자기유변 유체 기반 토크 피드백 제시장치들은 전단모드 및 흐름모드만을 이용하기 때문에 효율적으로 저항토크를 생성하는 것이 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 스러스트 베어링를 사용하여, 회전을 하면서도 압축 모드를 발생시킬 수 있는 새로운 개념의 토크피드백 제시장치를 제시한다. 자기유변 유체의 압축모드를 발생시키기 위해서 자속선의 방향과 유체의 압축 방향이 일치되어야 하며, 이를 확인하기 위하여 제안하는 구조의 자속선 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과 스러스트 베어링에서 유체의 압축이 발생하는 방향과 자속선이 생성되는 방향이 일치되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 제안하는 개념 구조가 자기유변 유체의 압축모드를 이용하여 저항 토크를 효율적으로 생성할 수 있음을 보여준다.

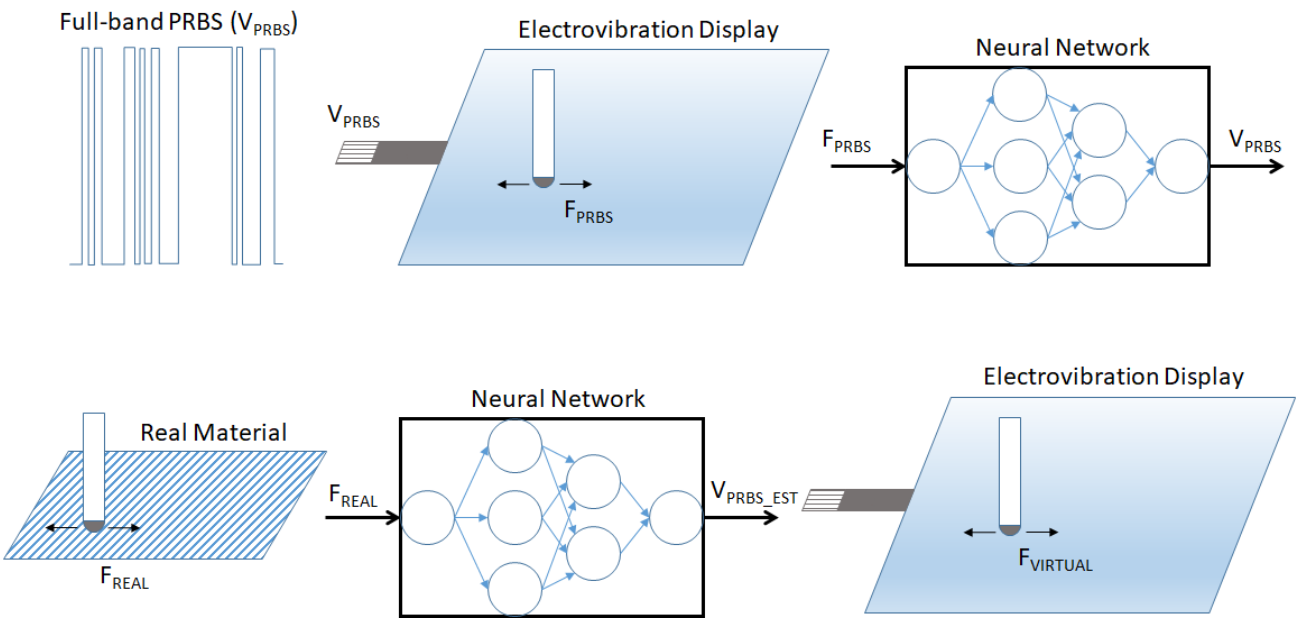
[1] H. B. Gurocak and J. Blake, “Haptic glove with MR brakes for virtual reality “, IEEE/ASME Trans. Mechatronics, Vol. 14, 606-615 (2009)
[2] H. T. Guo and W. H. Liao, “A novel multifunctional rotary actuator with magnetorheological fluid”, Smart Materials & Structures, Vol. 21, 1-9 (2012)
[3] M. R. Jolly, J. W. Bender and J. D. Carlson, “Properties and Applications of Commercial Magnetorheological Fluids”, J. of Int. Material Syst. and Structure, Vol. 10, 5-13 (1999)

A NARX Neural Network for Texture Rendering on Electrovibration Display

Reza Haghighi Osgouei[1*], Jin Ryong Kim[2], Seungmoon Choi[3]
[1]HVRLab., POSTECH
[2]ETRI
[3]HVRLab., POSTECH
E-mail: [1*]haghigh@postech.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<Texture Rendering Using Neural Network>

요 약 (Summary)

Texture rendering has been always a challenging topic in the haptics community. However, with the introduction of variable friction displays, new possibilities for texture rendering on flat surfaces has been arisen. In this work, utilizing a data-driven approach and using an electrovibration display, we are proposing an inverse neural network model to capture the dynamic behavior of the display and to generate actuation signals corresponding to the real texture samples.

Any data-driven technique requires a measurement system to collect the salient chosen feature(s). We developed a linear motorized tribometer for precise force measurement from the surface of texture samples. It consists of a movement platform and a measurement stylus. The Stylus is equipped with a six axis force/torque sensor with a lite sensitive touch pen at the bottom end to scan the surface. The scanning speed and vertical pressure can be adjusted and fixed to 4 cm/s and 85 g for this study.

As electrovibration display, we used a capacitive touch panel as previously suggested in the literature. The panel requires a high voltage signal (around 100 Vpp) to modulate friction on sliding finger or touch pen. A different type of input waveform creates a different textural pattern on the panel when being scanned.

Knowing the dynamical system of the panel is essential to create virtual textures on its surface as similar as to the real ones. Its dynamic behavior can be formulated as a time series problem and solved using neural networks. A NARX (Nonlinear AutoRegressive with eXternal input) neural network is the right choice to model the panel's dynamical system. Assuming frictional lateral forces are collected from the surface of the panel in response to some standard perturbation signals, with a NARX network past values of a feedback time series (the friction force) and an external input series (the actuation signal) are used to predict future values of the feedback series. The network will be designed by using recordings of an actual frictional forces responding to a perturbation signal.

As recommended in system identification textbooks, we used pseudo-random binary sequence (PRBS) to actuate the panel and record resulting forces. However, we needed the inverse model to estimate actuation signal from the lateral force. For this purpose, we switched the input and output of the network, meaning we assumed the input to the network is force and the output is actuation signal. After training the neural network in this configuration, we fed forces collected from the surface of some real materials and estimated corresponding excitation signals. We then applied those estimated signals to the panel and recorded the frictional forces from its surface.

A comparison in frequency domain between the real and the virtual forces revealed a high degree of similarity for materials having distinguishable patterns and a moderate degree for materials with random patterns. For objective evaluation, we used a normalized error metric, RMS error between the two forces, previously introduced in the literature. The smaller the number, the higher the similarity. We first applied this error metric on repeated measurements of the same material under the same scanning conditions, to establish an empirical baseline. We found that, on average, the value is around 0.15. In ideal case, this value should be 0, but because of the noises added to the readings due to mechanical structure of the tribometer, sensor's drift, environmental conditions, and etc. this number is larger than 0. We then calculated the error between the virtual and the real spectra. On average, the value was between 0.30 and 0.50. Considering the baseline as 0.15, these numbers are promising and showing acceptable agreement between the two spectra.

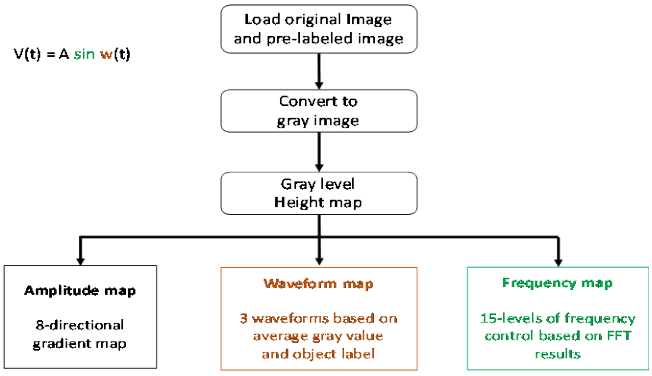
This investigation is ongoing; in the future we will conduct a human user study to evaluate the performance of the proposed approach in creating virtual textures similar to the real ones. We will also examine various experimental conditions, different vertical pressure (=normal force) and scanning velocity to see how versatile is the proposed algorithm to handle untested conditions. In addition, we will look into using m-level pseudo-random sequence (=PRMS) instead of 2-level one (=PRBS) and how the texture recreation performance will be affected.

전기 진동 기술을 이용한 이미지 기반의 촉감 제시 기법

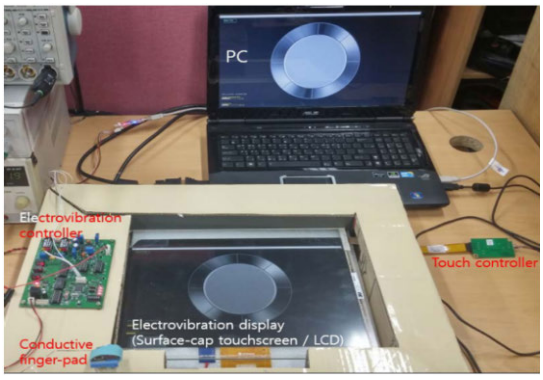
최윤정 [1*], 류제하 [1*]
[1] 광주과학기술원 기계공학부
E-mail: [1*]ryu@gist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



(a)



(b)

위의 그림 (a)는 본 연구에서 제시하는 촉감 제시 기법의 개념도를 나타낸 나타낸 것으로, 이미지를 입력하면 진폭, 주파수, 파형 맵을 각각 형성해 저장해둔 후 사용자의 터치 정보에 따라 각각의 파라미터 값들을 결정하여 교류 전압을 형성하여 출력하게 된다. 그림 (b)는 연구에 사용된 전체 시스템 구성을 나타낸 것이다.

요 약 (Summary)

최근 자동차의 네비게이션, 모바일 기기, 태블릿 PC, Table Top Display 등 각종 산업에서 터치스크린이 사용되면서 터치스크린 상에서 다양한 햅틱 피드백을 제시하려는 연구가 많이 이루어 지고 있다. 본 연구에서 사용된 전기진동(Electrovibration) 기술 또한 터치 스크린상에서 사용자들에게 다양한 햅틱 질감을 제공할 수 있는 기술로 평판 캐패시터 원리를 기반으로 하여 설명할 수 있다.

얇은 절연 층으로 덮인 전극 의 구조를 가진 터치 스크린과 사람의 손가락 사이에 교류 전압을 가하면 정전기력이 발생하여 터치 스크린과 접촉 한 사람의 손가락 사이의 마찰력이 변하게 된다. 사용자는 손가락이 터치 스크린상에서 움직이는 동안 텍스처로서 표면 마찰의 변화를 느낄 수 있으며 이를 질감으로 인지하게 된다.

실제로 사람은 물체를 직접 보고 만지는 상호작용을 함으로써 물체를 인지하고 파악한다. 따라서, 사용자에게 의미있는 햅틱 피드백을 생성하기 위해서는 사용자에게 그럴싸한 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 햅틱 렌더링 알고리즘이 개발되어야 한다.

본 연구는 전기 진동을 이용해 사용자에게 햅틱 피드백을 제공할 수 있는 2D 이미지 기반의 촉각 렌더링 알고리즘을 제시한다. 제안하는 알고리즘에서는 전기 진동의 인가 신호의 변수인 진폭, 주파수, 파형 3가지를 2D 이미지를 기반으로 하여 유도하였다.

진폭의 경우 현재 접촉한 픽셀을 제외한 8개의 방향을 손가락의 방향으로 간주하고 총 8개의 map을 형성하여 움직 이고 있는 방향에 따라 진폭의 크기를 결정하며, 주파수의 경우, 10Hz~241Hz까지 표현하였으며 주파수 제어 증감 범위는 전기 진동의 주파수 JND를 고려해 총 15단계로 제어하게 되었다.

먼저 원본 이미지를 2차원 DFT를 이용하여 주파수 영역으로 변환시킨 후, 이를 15단계의 구역으로 나누어 위에서 계산하였던 전기 진동의 주파수 단계와 일대일 매칭시켰다. 이 후, IDFT를 통해 주파수 영역을 다시 공간 주파수로 되돌리는 작업을 각 주파수에 대해 반복하여 최종 주파수 맵을 형성하였다. 마지막으로 파형의 경우, 이미지 처리 기법 중 하나인 이미지 객체 분할 및 라벨링 기법을 이용하여 이미지 내의 같은 객체의 경우엔 그람자에 관계없이 동일한 햅틱 질감을 할당하도록 하기 위해 2D이미지에서 객체를 식별하여 같은 파형을 형성하도록 하였다. 또한, 객체간의 구별감을 더욱 뚜렷하게 제시하기 위해 객체가 달라지는 곳에선 날카로운 질감을 제시하도록 사각파를 제시하도록 하였다.

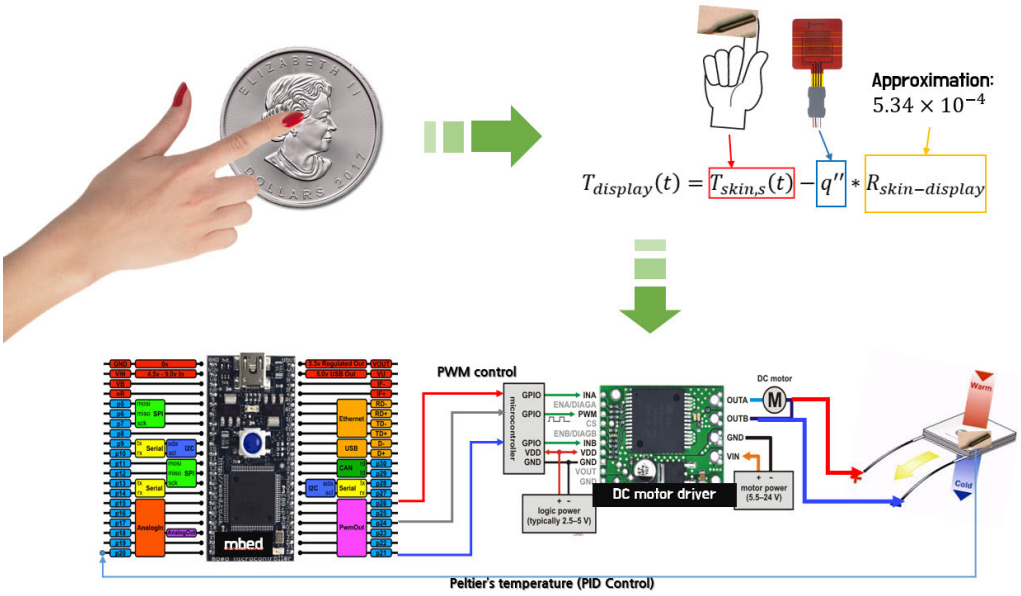
데이터 기반 온감 렌더링

최혜진 [1*], 조성원 [1], 신성환 [1], 최승문 [1]
[1] 포항공과대학교
E-mail: [1*]hyejin1208@postech.ac.kr

발표형식: 포스터?

(참고: 다음 2 가지 중 선택 (1)시연, (2)포스터, (3) 시연+ 포스터)

대표그림 및 설명



<데이터 기반 온감 렌더링 시스템의 구성>

데이터 기반 온감 렌더링을 위하여 실제 물체와의 접촉 시에 발생하는 손의 온도 변화와 Heat flux 데이터를 수집한 후, 해당 데이터 값들을 사용하여 시간에 따른 알맞은 Thermal display 온도 값을 계산한다. 이후 열 렌더링 하드웨어를 통해 Thermal display의 온도를 렌더링하여 실제 물체의 온감을 재현한다.

요 약 (Summary)

기존 촉감 재현의 경우 가상공간 내 물체의 특성을 단순 진동을 이용하여 표현하였으며, 이러한 방식은 물체가 가지고 있는 다양한 물성을 나타내지 못하는 한계를 가지고 있다. 물체의 물성을 다양하게 표현하기 위해 본 연구에서는 실제 물체와의 접촉 시에 발생하는 Heat flux 데이터를 사용하여 물체의 온감을 재현 하려한다.

본 연구는 열 렌더링 하드웨어 구성, 물체 접촉 시의 손 온도 변화와 Heat flux 데이터 수집, Thermal display 온도 계산 세 단계로 나뉜다.

우선 우리가 원하는 Thermal display의 온도를 렌더링하기 위하여 하드웨어 시스템을 구축하였다. 이 하드웨어 시스템은 mbed NXP LPC1768과 VNH5019 DC motor driver, 펠티어, 수냉식 쿨러로 구성되어있다. 이 시스템을 이용하여 적절한 Thermal display 온도를 렌더링하기 위해, 우리는 PID 제어 방식을 사용하여 펠티어의 온도를 조절하였다. 또한 PID 제어를 통해 얻어진 알맞은 출력 전압을 만들기 위해 PWM 제어 방식을 이용하여 Peltier에 인가되는 전압을 조절하였다.

시스템을 이용하여 적절한 Thermal display 온도를 렌더링하기 위해, 우리는 PID 제어 방식을 사용하여 펠티어의 온도를 조절하였다. 또한 PID 제어를 통해 얻어진 알맞은 출력 전압을 만들기 위해 PWM 제어 방식을 이용하여 Peltier에 인가되는 전압을 조절하였다.

실제 물체와의 접촉 시의 온감을 재현할 수 있는 알맞은 Thermal display의 온도를 계산하기 위해 데이터 수집 카드(DAQ)와 Heat flux를 측정하는 센서, 손 온도를 측정하는 thermistor를 사용하여 실제 물체와의 접촉 시에 발생하는 Heat flux와 물체 접촉 시의 손 온도 변화를 수집하였다.

Jones et al.[1] 이 연구 방법에 따르면 물체와 손의 접촉 시 발생하는 Heat flux는 다음 식 (1) 과 같이 표현 될 수 있으며, 손과 display 사이의 열 저항($R_{skin-display}$)은 $5.34 * 10^{-4} m^2 K/W$로 근사가 가능하다.

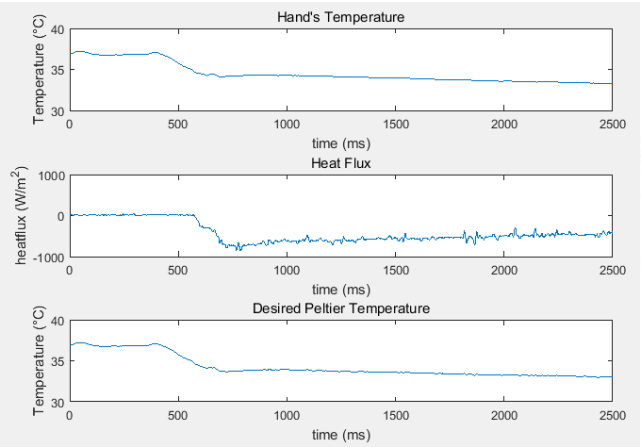
$$(1)\quad q'' = \frac{T_{skin,s}(t) - T_{object,s}(t)}{R_{skin-object}} = \frac{T_{skin,s}(t) - T_{display}(t)}{R_{skin-display}}$$

$T_{skin,s}(t), T_{object,s}(t)$: 물체와 손가락의 표면 온도, $R_{skin-object}, R_{skin-display}$: thermal contact resistance

(3) 의 식을 전개하면 (2)와 같은 식을 구할 수 있다.

$$(4)\quad T_{display}(t) = T_{skin,s}(t) - q'' * R_{skin-display}$$

본 연구에서는 (2)의 식에 수집한 손의 온도 변화와, Heat flux data값을 대입하여 알맞은 Thermal display의 온도를 계산한 후 렌더링 함으로써 실제 물체와의 접촉 시의 온감을 재현하였다.



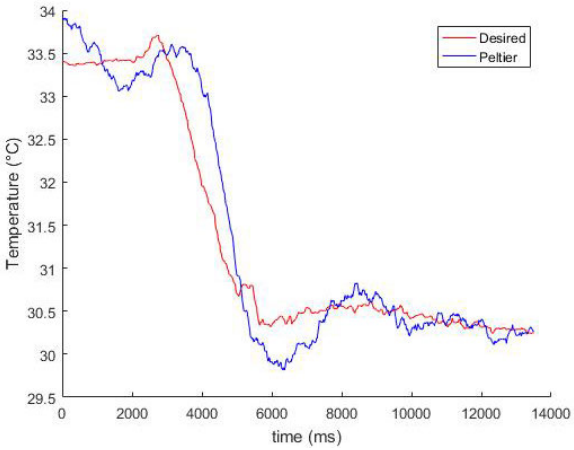


그림 1 (왼쪽). 알루미늄을 사용하여 측정한 데이터와 시간에 따른 Thermal Display 온도

그림 2 (오른쪽). 목표 펠티어 온도(빨강 선)와 실제 펠티어 온도(파랑 선)

그림 1에서는 알루미늄과 접촉하였을 때 손의 온도 변화와 Heat flux, 수집한 데이터를 기반으로 하여 계산한 시간에 따른 Thermal Display 온도 변화를 나타내었다. 그림 2는 계산 결과로 도출된 Thermal Display 온도 변화와 해당 온도를 렌더링하였을 때의 실제 펠티어의 온도 변화를 나타낸 그래프이다.

앞으로 다양한 온도의 물체와 다른 초기 온도의 손 사이에서의 Heat flux와 손의 온도변화 데이터를 수집하여 렌더링을 진행 할 것이며, 인지 실험을 통해 본 연구에서 재현한 온감과 실체 물체와의 접촉 시에 느껴지는 온감을 비교하여 평가하는 것이 최종 목표이다.

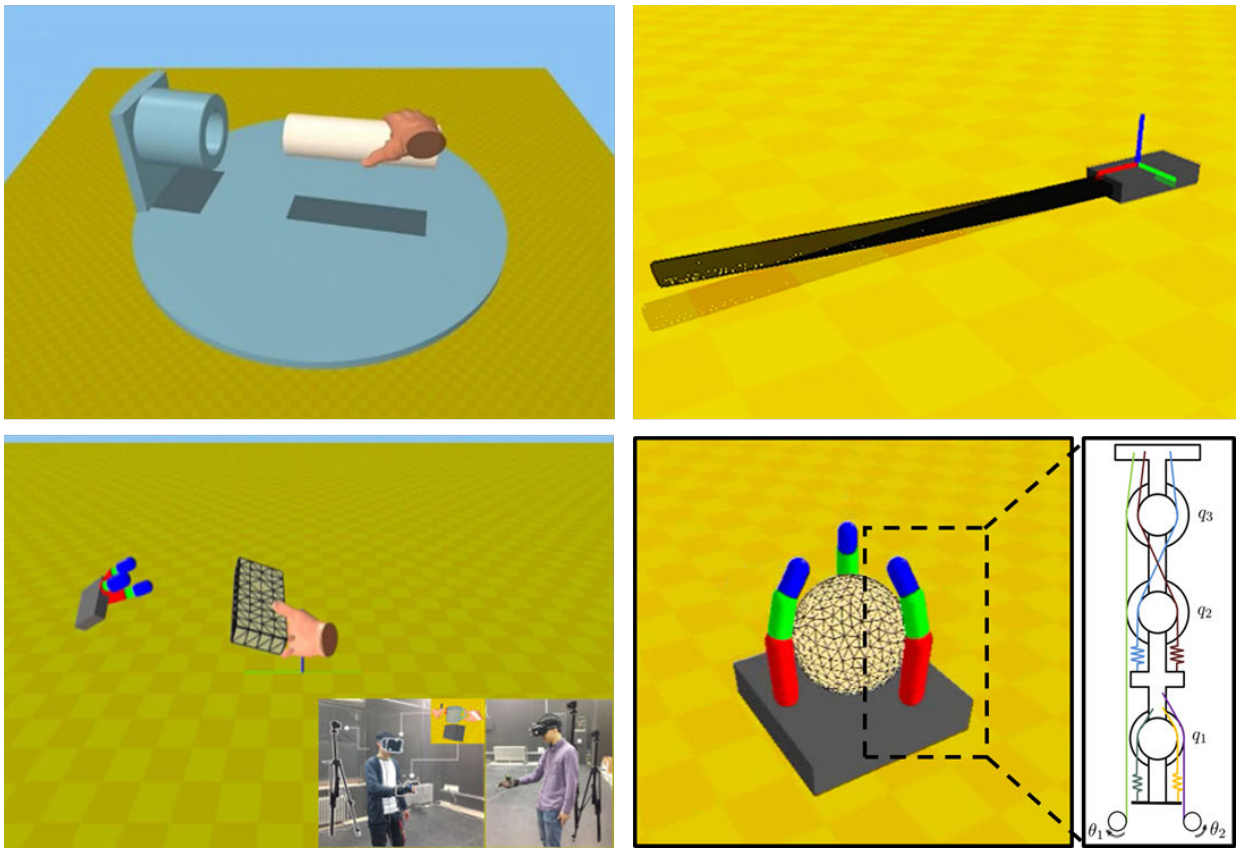
[1] Jones, L. A., & Ho, H.-N. (2008). Warm or cool, large or small? The challenge of thermal displays. IEEE Transactions on Haptics, 1(1), 53-70.

실시간 햅틱 렌더링을 위한 수동성 기반 물리엔진 개발 및 평가

김명신, 이동준*
서울대학교 기계항공공학부
Interactive & Networked Robotics Lab
E-mail: myungsinkim,djlee@snu.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



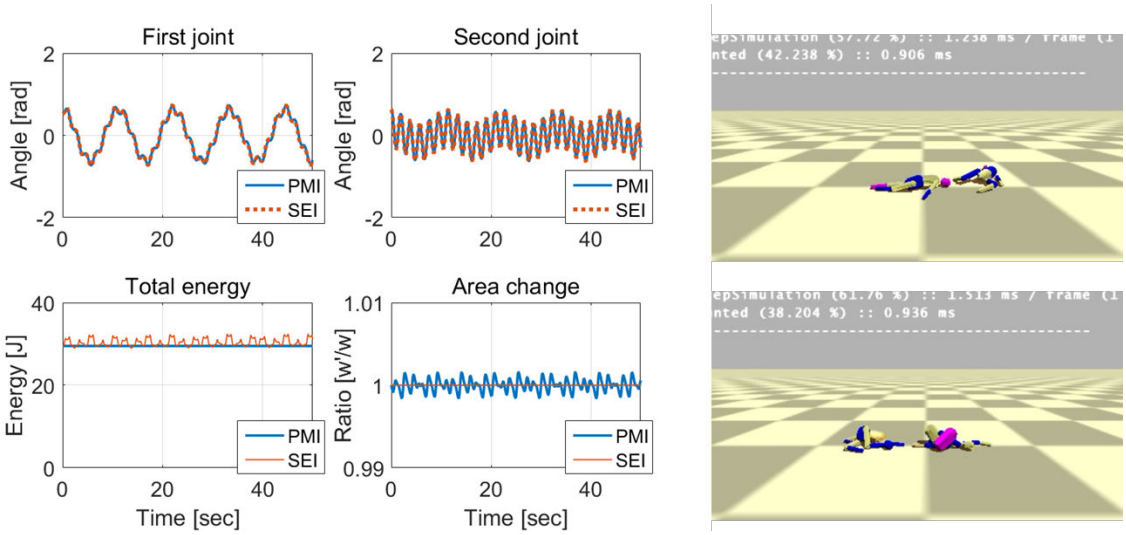
<PMI-LCP 기반 햅틱 렌더링 예: Peg 삽입(좌상), 진동빔(우상), 원격협조조작(좌하), 로봇손(우하)>

실시간 햅틱 렌더링을 위한 물리엔진 PMI-LCP를 개발함. 개발된 물리엔진은 수동성을 기반으로 동역학 적분식을 유도하여 **저질량/고강성 등넓은 범위의 대상 동역학 파라미터**에도 안정한 시뮬레이션이 가능할 뿐 아니라, 최대좌표계(강체 및 다중강체)와 일반화좌표계(진동빔 등)에서 표현된 가상 동역학 시뮬레이션이 가능함. 상기 그림 중 좌측 상단의 그림은 최대좌표계에서 기술되는 강체 및 다중강체와 그의 관절구속조건, 다중마찰접촉 구현이 가능함을 보여주며, 우측 상단은 일반화좌표계에서 기술되는 오일러빔의 진동시뮬레이션이 가능함을 보여주는 예제임. 좌측 하단의 그림은 원격 강체협조조작에 PMI-LCP를 활용한 예제로 가상 물리 시뮬레이션의 오픈루프 수동성을 이용하여 인터넷 통신지연의 안정화를 수행함. 우측 하단의 예제는 부족구동 텐던로봇손의 시뮬레이션으로 가벼운 로봇손과 고강성 텐던의 안정한 시뮬레이션이 가능함을 보여줌.

요 약 (Summary)

햅틱 렌더링에서 중요한 요소 중 하나는 가상 물체의 거동 및 물체들 사이의 충돌반응을 구현하는 물리엔진이다. 햅틱 렌더링을 위한 물리엔진은 특별히 두가지 조건을 만족해야 하는데, 첫째로는 실시간성으로 빠르게 물리거동/충돌을 구현해야 하며, 둘째로는 안정성으로 임의의 동역학 파라미터(저질량/고강성 등)나 가변 업데이트 속도에도 안정한 물리 시뮬레이션을 구현할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 실시간 햅틱 렌더링을 위한 PMI-LCP라는 수동성을 기반으로 한 물리엔진을 개발하였다.

PMI-LCP는 수동성 이론으로부터 유도된 동역학 적분기법인 Passive Midpoint Integrator (PMI)를 기반으로, 강체/다중강체로 가상 물체를 구현하는 최대좌표계와 로봇동역학에서 주로 사용되는 일반화좌표계 모두를 구현가능하며 선형상보성이론(Linear complementarity problem, LCP)를 이용하여 가상 물체들 사이의 다중 접촉/마찰을 구현한다. PMI-LCP를 이용한 햅틱 렌더링 예는 상단의 대표그림과 같다.



<PMI-LCP 성능평가/비교: Energy/symplecticity 비교(좌), Bullet이용 다중강체 시뮬레이션(우)>

한편, PMI-LCP의 성능 분석 평가를 수행하였다. 실시간 오픈소스 물리엔진에서 많이 사용되는 Symplectic Euler Integrator (SEI)를 이용하여 2자유도 로봇팔의 동적 거동을 분석한 결과 PMI-LCP가 에너지를 완전히 보존하는 반면, 해밀턴 역학의 특징인 symplecticity는 근사적으로 보존함을 확인할 수 있었다. 또한, 오픈소스 물리엔진 Bullet과 다중강체 시뮬레이션의 동역학 파라미터에 따른 안정도 비교한 결과, PMI-LCP의 경우 가상물체의 질량에 무관하게 시뮬레이션을 안정하게 유지하는 반면, Bullet 이용 시뮬레이션의 경우 가상물체의 질량이 작아질 경우 다중강체의 모양이 일그러지는 현상을 확인할 수 있었다. (상기 그림의 최우측 하단)

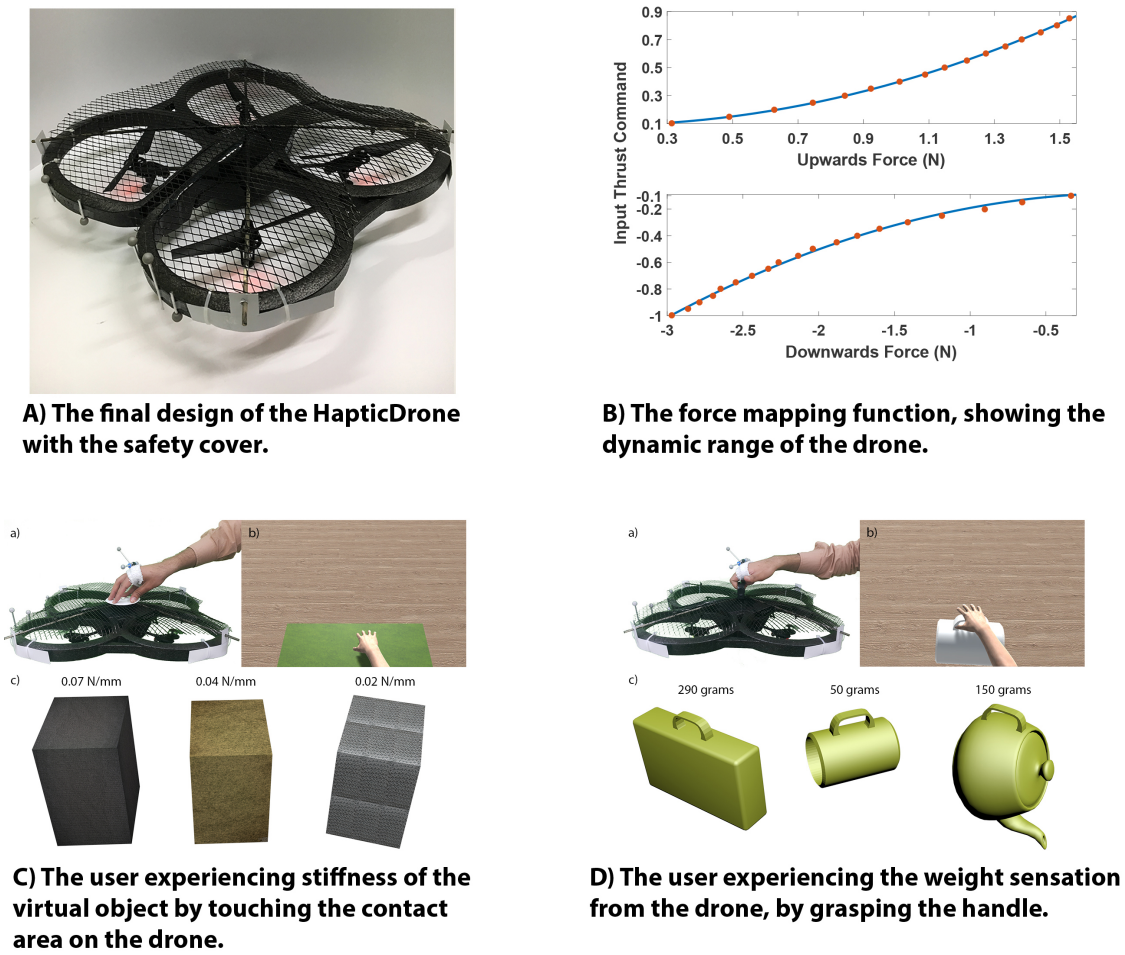
HapticDrone - An Encountered-Type Kinesthetic Haptic Interface with Controllable Force Feedback: Initial Example for 1D Haptic Feedback

Muhammad Abdullah, Minji Kim, Seokhee Jeon
Kyung Hee University, South Korea

E-mail: {Abdullah, mj.kim1102, jeon}@khu.ac.kr

발표형식: Poster

대표그림 및 설명



A) The final design of the HapticDrone with the safety cover.

B) The force mapping function, showing the dynamic range of the drone.

C) The user experiencing stiffness of the virtual object by touching the contact area on the drone.

D) The user experiencing the weight sensation from the drone, by grasping the handle.

Figure 4 The HapticDrone

Summary:

We present HapticDrone, a concept to generate controllable and comparable force feedback for direct haptic interaction with a drone. As a proof-of-concept study this paper focuses on creating haptic feedback only in 1D direction. To this end, an encountered-type, safe and un-tethered haptic display is implemented. An overview of the system and details on how to control the force output of drones is provided. Our current prototype generates forces up to 1.53 N upwards and 2.97 N downwards. This concept serves as a first step towards introducing drones as mainstream haptic devices.

The concept can generate controllable and comparable force feedback for direct haptic interaction with a drone. During free movement without contact with a virtual object, the drone can follow the user's

movement in all directions, remaining in the vicinity preparing for contact. To create feedback, the HapticDrone makes direct contact with the user's hand and pushes it to generate force output when needed. The Parrot AR Drone 2.0 quadcopter is used as a test bed to evaluate the HapticDrone concept. To provide complete safety, the default cover was augmented with a lightweight aluminum mesh (89g) as shown in Figure A. Oculus Virtual Reality headset was used in conjunction with Unity 3D for the applications. Tracking the drone, the user and the HMD is accomplished using the OptiTrack V120 Trio from Natural Point with IR markers. The AR Drone SDK commands are embedded in a custom python application, which controls the drone's movements based on the location and application data.

In order to precisely control the exerted force, the relationship between thrust command value and the rendered force magnitude has to be formulated. We applied the method of system identification by treating the drone as a black box. Under a given static mass of the drone, the velocity command is directly proportional to the force. An experimental procedure was conducted to find the resulting force in the upward and downward direction. The input speed was incrementally increased (41 intervals) and rendered force values were recorded as the output. The dynamic range is shown in Figure B.

To create an encounter type interaction, the drone has two flying modes. It follows the user's hand in non-contact mode keeping a certain distance until a virtual object is encountered, whereupon, it makes contact (mode switching) and renders a force based on the application in contact mode. In non-contact mode a PID loop is employed catering for the added weight of the safety cover. The contact mode uses the force mapping function to interact with the user based on the application.

As our system is a proof of concept prototype and only has 1D controlled force feedback, we have confined our applications to this dimension. We have developed two applications:

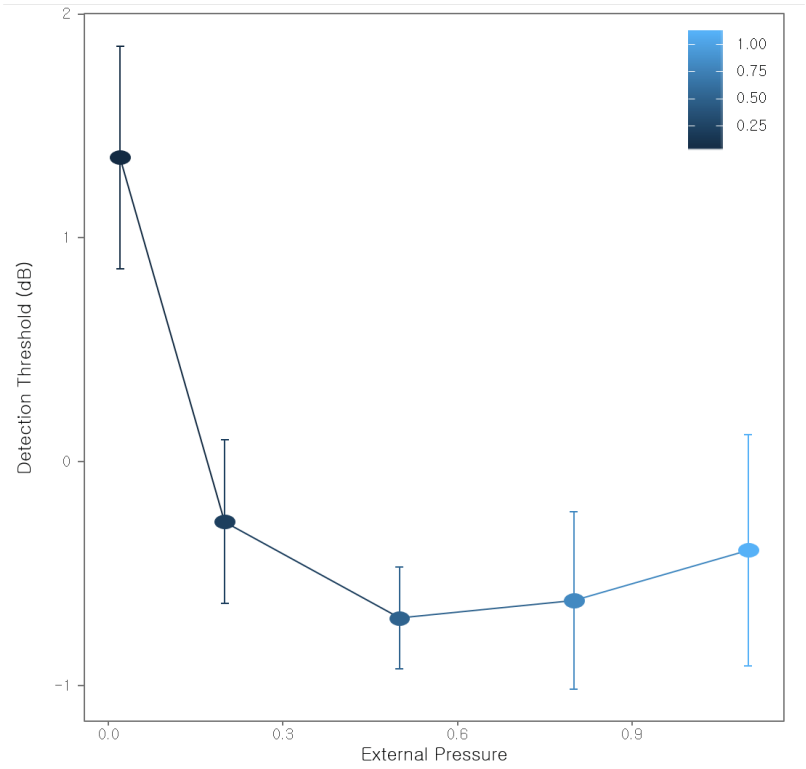
a) Programmable Stiffness Rendering: The user can touch virtual objects and experience their haptic value of stiffness (k) as shown in Figure C. The drone's upwards force is used to create the feeling of resistance. The force changes linearly based on the stiffness model (f=kx) and the penetration depth (x) on the virtual object is calculated from the tracking data.
b) Haptic Weight Augmentation: This application allows the user to experience the weight of a virtual object, as shown in Figure D. The drone's downwards force is used to create the perception of heaviness. A handle is attached to the drone for this application. It applies force according to the simulated weight of the object.

능동적 외부 압력의 크기에 따른 진동의 최소 검출 임계치 변화 측정

오승재 [1], 최승문 [1*]
[1] 포항공과대학교 햅틱스 및 가상현실 연구실
E-mail: oreo329@postech.ac.kr, choism@postech.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<능동적 외부 압력에 따른 진동의 최소 검출 임계치 그래프>

요 약 (Summary)

일상생활에서 우리는 주변에 존재하는 다양한 실물 객체를 손으로 잡고, 만지고, 누르는 등의 다양한 형태로 촉각 정보를 얻고 이를 매개로 상호작용한다. 특히, 센서 및 사용자 추적 기술의 발전과 더불어 가상현실 및 증강현실을 포괄하는 Mixed Reality 상황에서 실물 객체와의 상호작용이 늘어날 것으로 판단된다. 현실을 넘어서 현실과 가상의 경계에서 이러한 실물 객체와 상호작용을 하는 경우가 점점 늘어나고 있으며, 관련 컨텍스트에서 시각뿐만 아니라 촉각의 증강과 그 증강의 정확성에 대한 고찰이 필요하다. 이에 본 연구에서는, 사람의 손에 대한 sensorimotor continuum상에서 active haptic sensing의 단계(Jones and Lederman et al. (2006))에 해당하는 다양한 상호작용이 가상현실 및 증강현실에서 일어나는 경우를 가정하고, active touch 상황에서 진동 신호의 전달을 면밀하게 파악하기 위한 기초연구로서 진동의 인지 실험을 수행하였다. 구체적으로, 사용자가 검지 손가락으로 내는 능동적 외부 압력(Active External Pressure)에 따른 진동의 최소 검출 임계치(Detection Threshold)를 서로 다른 외부 압력 5가지에 대해서 측정하였으며, 실험의 구체적 내용을 살펴보면 다음과 같다.

전체 입출력의 제어 및 데이터 수집을 위해서는 Matlab 2017a 와 NI DAQ USB 6251이 사용되었다. 진동 발생 장치로, Tactile Labs의 Haptuator Mark 2가 사용되었으며, 압력의 측정을 위해서 0-2 kgf 의 측정 영역을 가지는 load cell이 사용되었다. 사용자가 누르는 압력을 load cell에서 정확하게 측정하기 위하여 아크릴로 제작된 판과 판의 중심에 위치한 2.05 cm^2 크기의 원형 접촉부위를 제작하였다 (그림1). 정밀한 진동의 효과를 위하여 진동 발생 장치의 보정 과정을 0.0002 g 간격으로 단일 주파수인 100 Hz에서 수행하였으며 외부 압력에 따른 차이는 없는 것을 확인하였다. 총 10명의 감각 운동성의 이상이 없는 오른손잡이 피실험자(19-31세, mean = 24.7세)를 대상으로 실험을 진행하였다. 실험에서 100 Hz의 사인파가 1초간 제시되었으며, 총 5가지의 능동적 외부 압력(0.02 kgf, 0.2 kgf, 0.5 kgf, 0.8 kgf, 1.1 kgf)에 대해서 1up-2down (70.7% Detection Threshold)방식의 2IFC Interleaved Staircase Method가 사용되었다. 각 외부 압력 조건은 균형 잡힌 라틴 방격 설계에 따라서 제시되었다. 피험자는 바 태로 제시되는 압력 레벨을 보고, 아크릴로 제작된 원형의 접촉 부위를 눌러서 제시되는 압력 레벨까지 바를 움직이는 작업을 수행하였으며, 이 때 약 0.5초간의 압력 안정화가 지속되면 진동을 발생시켰다. 두 번의 구간 중에 진동이 발생한 구간을 숫자 키보드를 눌러 선택한 후에 스페이스바를 눌러 확인하는 것으로 한 번의 시행이 완료된다. 피실험자마다 차이는 있으나 총 500회 전후의 시행에서 실험이 종료되었다.

그림 1 인지실험을 위한 실험 장치 (좌) 및 실험 프로그램 (우)

실험을 통해서 얻어진 능동적 외부 압력에 따른 진동의 최소 검출 임계치 값은 대표그림에서 확인할 수 있으며, 피실험자 간의 진동인지 수준 차이를 보정하기 위하여 개별 피실험자의 평균 값 대비 개별 실험자의 각 실험 조건의 데시벨 값을 계산하였다. 손을 대는 수준(Barely Contact, 0.02 kgf)을 시작으로 점차 감소하다가 매우 강하게 누르는 수준(Strong Enough, 1.1 kgf)에 갈수록 점차 증가하는 U자 형태의 그래프를 얻을 수 있었다. 이는 250 Hz의 사인파 및 화이트 노이즈에서 유사한 실험을 진행한 Papetti et al. (2017)과 통계적으로는 유사한 결과를 보였으나, 그래프의 경향성에서는 다른 결과를 볼 수 있었다. 0.8 kgf 이상의 압력에 대해서 0.8 kgf의 압력 결과와 통계적으로 유의미하게 다른 결과를 내지는 않았다. 본 실험에서는 0.8 kgf 이상의 압력(1.1 kgf)의 경우 그 최소 검출 임계치 평균이 더 크게 나타났지만 Papetti et al.의 결과에서는 임계치 평균 값이 감소하는 경향을 띄는 것을 확인하였다. 본 논문에서는 접촉 부위의 제한을 통해서 피험자들이 손가락으로 누르는 면적이 통제된 반면, Papetti et al.의 연구에서는 그 접촉 면적이 통제되지 않았다. 이는 Pacinian Channel의 spatial summation이 통제되지 않았음을 의미한다. 사인파의 주파수 특성에 따른 차이 역시 존재할 수 있으며, 100 Hz와 250 Hz의 기계적 자극 수용기의 차이에서 기인했다고 생각할 수 있다. 이에 본 연구팀은 후속연구로써, 접촉 면적을 통제하고 더 많은 주파수 대역에 대해서 실험을 진행하여 정확한 최소 검출 임계치를 구하여 주파수 대역에 대해서 면밀하게 비교하고자 한다.

참고문헌

Papetti, S., Järveläinen, H., Giordano, B. L., Schiesser, S., & Fröhlich, M. (2017). Vibrotactile sensitivity in active touch: effect of pressing force. *IEEE transactions on haptics*, *10*(1), 113-122.

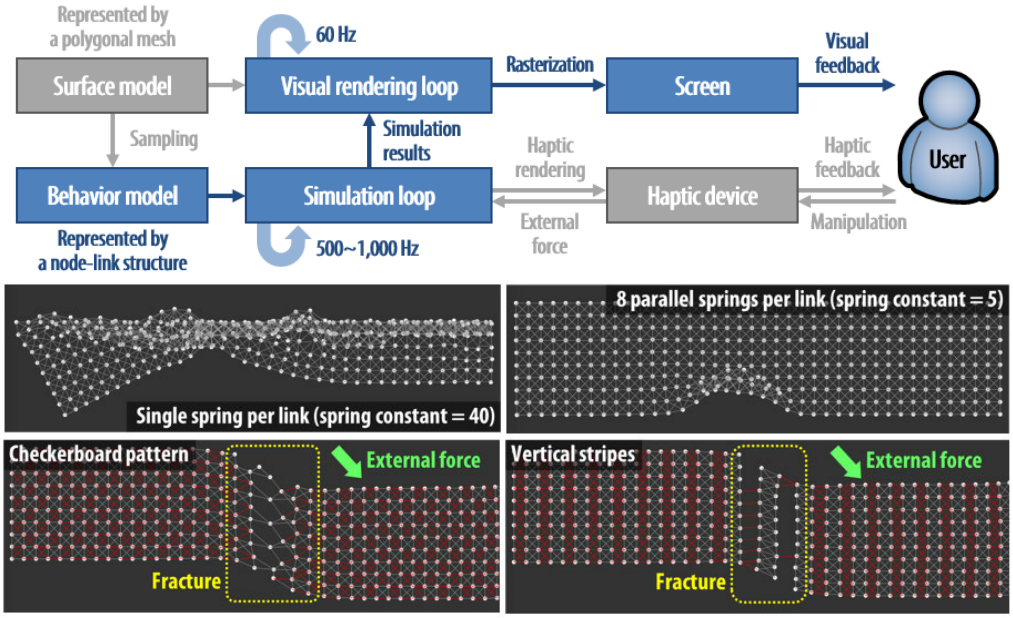
Jones, L. A., & Lederman, S. J. (2006). *Human hand function*. Oxford University Press.

햅틱 렌더링을 위한 취성 파괴 모델링 기법

장재현, 조현율, 김석열, 박진아*
한국과학기술원, 컴퓨터 그래픽스 및 가시화 연구실
E-mail: *jinahpark@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<햅틱 시뮬레이션의 개요 및 매스-스프링 기반 파괴 시뮬레이션 예시>

요 약 (Summary)

최근 가상현실 기술의 발전으로 인하여 많은 산업 현장에서 가상현실 기술을 도입한 훈련 시뮬레이터를 도입하고 있다. 특히 양 손을 이용한 상호작용을 위주로 하는 훈련 시뮬레이터의 경우 헤드 마운티드 디스플레이의 보급으로 크게 늘어나는 추세며, 시뮬레이터 내 훈련들은 양 손 도구 조작 혹은 물체 변형 상호작용들로 구성된다. 하지만 대부분의 가상현실 시뮬레이터에서는 변형하는 물체에 대해 시각적 피드백을 우선적으로 고려되고 있고 사용자의 공간 인지와 물체 조작 시 사실감을 전달하는 햅틱 렌더링은 매우 제한적이다. 특히 취성을 가지고 있는 모델 변형의 경우, 기존 시각 렌더링의 분야에서 고해상도의 파괴 단면 결과를 도출하거나 실시간 상호작용을 할 수 있는 단계까지 올라왔지만, 햅틱 렌더링의 관점에서 촉각 피드백을 생성하기 위한 모델 변형 및 파괴 관점에서 실시간성에 도달하기는 부족한 상황이다.

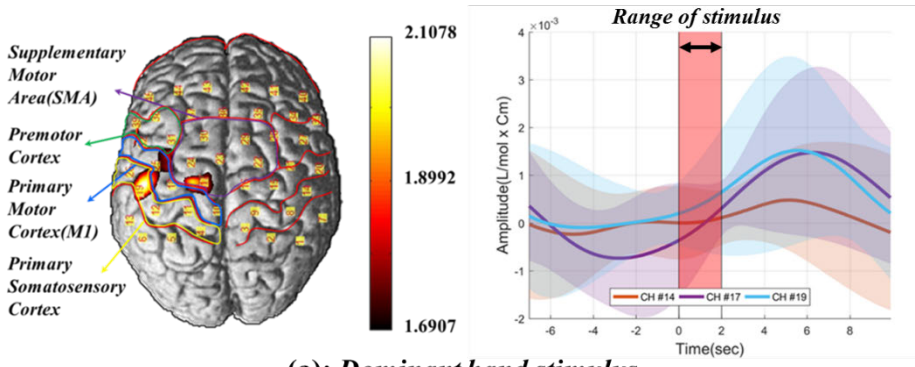
이에 우리는 취성이 존재하는 물체의 파괴 상호 작용에 대하여 햅틱 렌더링에 적합한 모델 변형 및 파괴기법을 고찰하고 구현하였다. 본 연구에서는 기존 매스-스프링 모델을 취성과 유사한 효과를 지닐 수 있도록 각 질점에 연결 된 스프링을 병렬로 배치함으로써 안정된 취성 시뮬레이션 결과를 얻을 수 있도록 하였다. 그리고 궁극적으로 변형모델의 물성치를 재료역학에서 제시하고 있는 취성을 정량적으로 제어하여 가상 시뮬레이션 환경에 활용할 수 있도록 하고자 한다. 두 번째로 기존 파괴 시뮬레이션을 간략화 한 형태로서 지속적인 파괴 현상을 구현하기 위해 보로노이 다이어그램과 중요도 샘플링을 활용하여 실시간에 부러지는 시각적인 효과를 재현하고자 한다.

우세손과 비 우세손에 진동 자극에 따른 대뇌피질의 활성 영역 비교

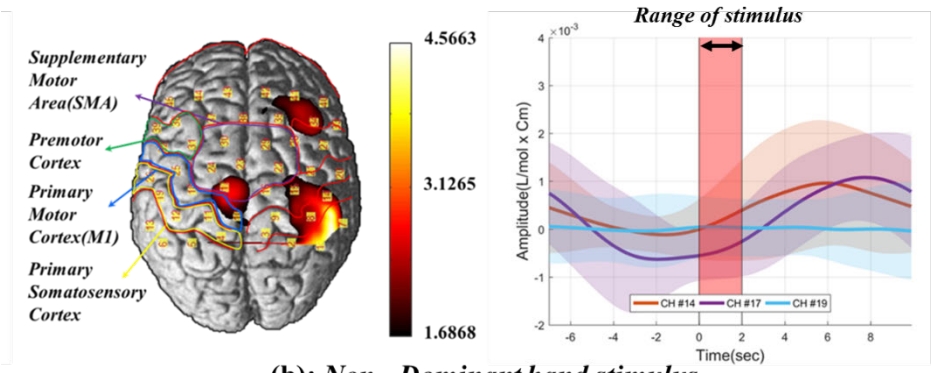
양승태, 진상현, 이기현, 정선윤, 안진웅*
DGIST 웰니스융합연구센터
E-mail: *robot@dgist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



(a): *Dominant hand stimulus*



(b): *Non - Dominant hand stimulus*

<진동 자극에 따른 대뇌피질 활성 및 주요 관심 채널(Ch#14: 오른쪽 S1, Ch#19: 왼쪽 S1, Ch#17: SMA)의 시계열 그래프>

요 약 (Summary)

햅틱 액추에이터(Haptic actuator)는 입력된 신호에 맞춰 진동하여 인공 촉감 자극을 제시하는 장치이다. 이러한 햅틱 액추에이터를 이용하여 진동 자극에 따른 뇌 활성 위치를 확인하는 연구는 다양하게 진행되었으나, 자극 위치에 따른 뇌 활성 비교 연구는 미비하다. 또한, fMRI를 이용하여 자극의 종류에 따른 뇌 활성 영역의 차이가 확인되었지만[1], fMRI장비의 특수성 때문에 정량적인 자극 제시에 따른 뇌 활성 분석에 관한 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 햅틱 액추에이터와 같은 금속 장비와 함께 사용이 가능한 기능적 근적외선 분광장치(fNIRS: functional near infrared spectroscopy)를 사용하여, 정량적 진동 자극에 따른 우세손(Dominant hand)와 비 우세손(Non-dominant hand)의 대뇌피질의 활성 상태를 비교하고자 한다. 오른손이 우세손인 10명의 피험자를 대상으로 눈을 감은 상태에서 양손에 동일한 진동 자극을 각각 10회(자극 시간: 2초, 휴식 시간: 15초)씩 주었다. 측정된 뇌 신호는 NIRS-SPM(NIRS-statistical parametric mapping)을 이용하여 그룹 분석을 하였다. 분석 결과, 우세손과 비 우세손에 햅틱 액추에이터를 이용한 진동 자극에 따른 대

뇌피질의 유의한(p<0.05) 활성 영역 차이를 확인하였다.

우세손의 진동 자극에 따른 대뇌피질의 활성은 대측 1차 체감각피질(S1: Primary somatosensory cortex)과 Cz위치와 가까운 보조 운동영역(SMA: Supplementary motor area)에서 유의한 활성을 나타났으며, 이러한 결과는 선행 연구결과와도 유사하다[1, 2]. 비 우세손의 자극에 따른 대뇌피질의 활성은 S1과 SMA뿐만 아니라, 통합 감각 영역인 상변연회(SMG: Supramarginal Gyrus)와 인지/감각 피드백의 갈등을 감지(Intention/sensory feedback conflict detection)하는 배외측 전전두엽(DLPFC: Dorsolateral Prefrontal Cortex)에서도 활성을 보였다. SMG영역은 고유 수용성 감각(Proprioception)을 관장하고 있으며[3], SMG와 DLPFC영역은 간지럼 자극에 의해 활성이 나타나기도 한다[1]. 이러한 결과는 동일한 자극이지만 우세손과 비 우세손에서 진동 자극을 느끼는 정도(Sensitivity)의 차이가 대뇌피질의 활성 영역 차이로 나타난 것으로 생각된다. 하지만, 정확한 진동 자극의 차이에 따른 대뇌피질 활성 영역의 의미를 도출하기 위해서는 파형, 주파수, 진폭 변조를 통한 추가 연구가 진행되어야 한다.

참고문헌

[1] 강현수, 임기선, & 한동균, “3.0 T 자기공명영상장치를 이용한 사람의 간지럼자극과 감각중추 자극의 활성화 차이,” 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 10 Issue. 2, pp.286-294, 2010.

[2] So, H. J., Oh, H. Y., Kim, S. H., & Kim, D. W, “A study on estimated sub-threshold intensities of somatosensory stimuli based on somatosensory evoked potentials of EEG,” In Intelligent System Design and Engineering Applications (ISDEA), pp. 190-194, IEEE, 2013.

[3] Ben-Shabat, E., Matyas, T. A., Pell, G. S., Brodtmann, A., & Carey, L. M, “The right supramarginal gyrus is important for proprioception in healthy and stroke-affected participants: a functional MRI Study,” Frontiers in neurology, Vol. 6, 2015.

사사의 글

이 논문은 과학기술정보통신부에서 지원하는 대구경북과학기술원 기관고유사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호: 17-IT-02)