제 11회
한국 햅틱스 워크샵

Haptics with xR

2019년 8월 30-31일 금 · 토
서울대학교 글로벌공학교육센터
컨벤션 대강당

Proceedings

데모 · 포스터 1

Aero-plane: Kinesthetic haptic illusion of objects with moving center of mass (Seungwoo Je, Myung Jin Kim, Woojin Lee, Hyein Lee, Ramkrishna Prasad, Andrea Bianchi) 2

비접촉식 햅틱 인터페이스를 통한 가상 유체의 촉각 렌더링 기법 (장재현, 박진아) 3

신체의 넓은 범위를 부드럽게 움직이는 팬텀 센세이션 (윤겨레, 오승재, 최승문) 5

Measurement-based Modeling and Rendering of Elasto-plastic Deformation (Arsen Abdulali, Ibragim Atadjanov, Seokhee Jeon) 7

몰입형 게임용 햅틱 컨트롤러 (최형회, 윤인호, 황진상, 김상연) 8

Realistic Haptic Rendering of Collision Effects Using Multimodal Vibrotactile and Impact Feedback (박채용, 박재영, 오승재, 최승문) 9

Data-Driven Haptic Modeling of Normal Interactions on Viscoelastic Deformable Objects Using a Random Forest (차호준, Amit Bhardwaj, 최승문) 10

박물관 패널의 인터렉티브 콘텐츠화 (조지훈, 임주원, 김현수, 김태호, 박진아) 11

ERA: 양방향 정전기력 전극구조를 이용한 고출력 공진 액추에이터 개발 (이영서, 전영준, 임재희, 남정영, 백승현, 김성원, 양태헌) 12

Wearable Soft Pneumatic Ring with Multi-Mode Controlling for Rich Haptic Effects (Aishwari Talhan, Hwangil Kim, Seokhee Jeon) 14

Wearable Visual-Inertial Hand Tracking Interface Regardless of Environment and Occlusion (이용석, 윤한별, 이원하, 허진욱, 이동준) 16

데모 18

투명 소프트 진동 촉감 액추에이터 (최동수, 이석한, 김상연) 19

자기유변탄성체 기반 진동 촉감 햅틱 액추에이터 (김태훈, 이석한, 김상연) 20

포스터 21

Neural Representation of Tactile Sensation (Wanjoo Park, Mohamad Eid) 22

Interactive Virtual Fixture Generation Interface for Hard Contact Tasks in Bilateral Teleoperation (Vitalii Pruks, Jee-Hwan Ryu) 24

실시간 상변화 시뮬레이션을 통한 온열감 렌더링 기법 (장재현, 김현수, 조현을, 박진아) 25

협동로봇을 이용한 조우형 햅틱 텍스쳐 디스플레이 (김예솔, 김영준) 26

전기 임피던스 단층촬영법(ERT)를 응용한 대면적 유연촉각센서 개발 (박경서, 김정) 27

웨어러블 햅틱 마스터 (윤정환, 정승모, 정재연, 경기욱) 28

유전성 유체를 이용한 고출력 소프트 햅틱 엑추에이터 개발 (김현우, 마지형, 현규진, 경기욱) 30

압전 효과 기반의 2차원 유연한 촉각센서 개발과 진동 국지화 (양민진, 김정) 31

3차원 진동의 1차원 감소 알고리즘에 대한 객관적/주관적 평가 (박건혁, Katherine J. Kuchenbecker) 32

Passive Midpoint Integration: Fast, Accurate, and Stable Framework for Haptic Rendering (윤재민, 김명신, 손동원, 이동준) 34

Stretchable Thermo-haptic Device (설혜연, 원대연, 이원하, 이진우, 이동준, 고승환) 35

BAEM: A Toroidal Skin Locomotive Wearable Device (유능, Andrea Bianchi) 37

제 11회
한국 햅틱스 워크샵

Haptics with xR

2019년 8월 30-31일 금 · 토
서울대학교 글로벌공학교육센터
컨벤션 대강당

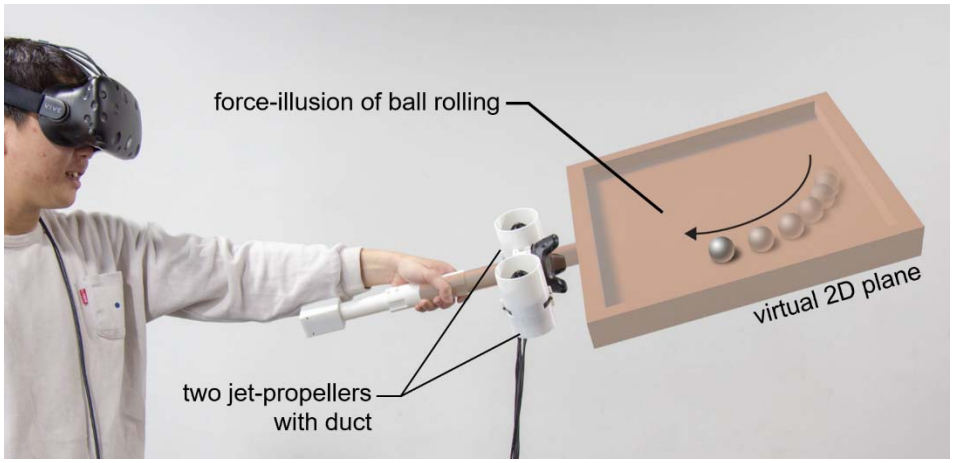
Demos and Posters

Aero-plane: Kinesthetic haptic illusion of objects with moving center of mass

Seungwoo Je, Myung Jin Kim, Woojin Lee, Hyein Lee, Ramkrishna Prasad, Andrea Bianch *
KAIST, MAKinteract Lab
E-mail: andrea@kaist.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<Simulate weight changes over 2D surfaces>

요 약 (Summary)

Force feedback is said to be the next frontier in virtual reality (VR). Recently, with consumers pushing forward with unthethered VR, researchers turned away from solutions based on bulky hardware (e.g., exoskeletons and robotic arms) and started exploring smaller portable or wearable devices. However, when it comes to rendering inertial forces, such as when moving a heavy object around or when interacting with objects with unique mass properties, current ungrounded force-feedback devices are unable to provide quick weight shifting sensations that can realistically simulate weight changes over 2D surfaces. In this demonstration, we introduce Aero-plane, a force-feedback handheld controller based on two miniature jet-propellers that can render shifting weights of up to 14 N within 0.3 seconds. Participant of the workshop can experience ball rolling application and kitchen tool application.

추가 요청 사항

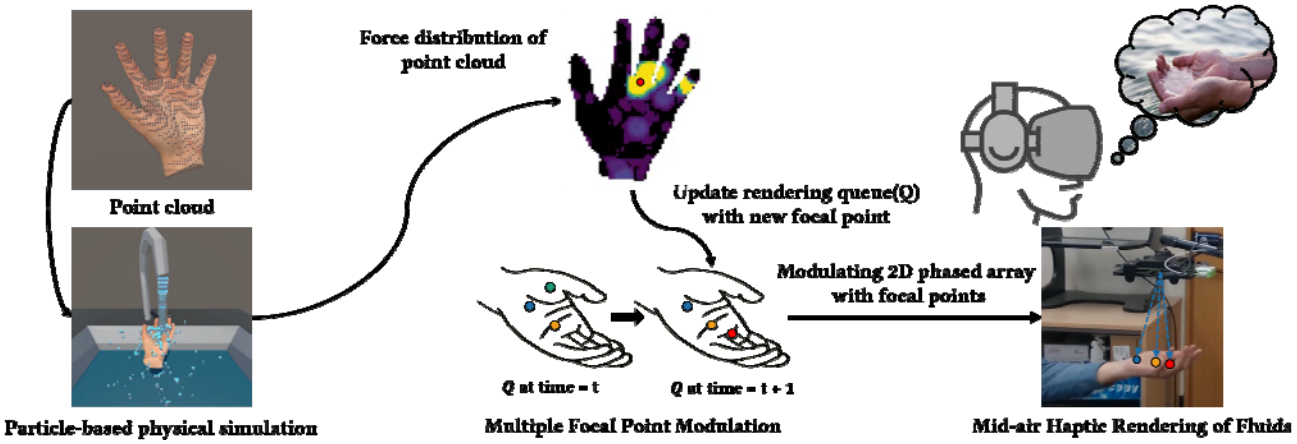
저희 디바이스는 제트-프로펠러를 사용하므로 소음(max 93.5dB)이 발생합니다. 또한, 실제 움직임을 경험하기 위해서는 분리되어 있는 일정 구역(2m x 2m)의 공간이 필요합니다. 데모 셋업을 위한 테이블을 부탁드립니다.

비접촉식 햅틱 인터페이스를 통한 가상 유체의 촉각 렌더링 기법

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

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



< 유체 시뮬레이션 및 촉각 렌더링 기법 개요 >

요 약 (Summary)

일상 생활에서 사용자는 도구를 이용하거나 직접 신체를 유체에 접촉시켜 유체와 상호작용 한다. 가상 환경에서도 사용자가 이와 같은 상호 작용을 가능케 하기 위해서는 유체의 물리량과 유체의 흐름을 가상 물체와 함께 고려하여 시각적 렌더링과 역감 및 촉감을 제공해야 한다. 유체의 존재감을 표현하기 위해 상호작용이 포함된 가상 유체 시뮬레이션은 안정적이고 실시간에 역감 혹은 촉감을 제공한다. 기존 연구로 가상 공간 내 물체들을 입자로 변환하여 개별 입자에 대해 물리량을 연산하는 통합 입자 모델 시뮬레이션을 기반으로 한 햅틱 렌더링 기법이 제안되었으며 대부분 6-자유도의 출력을 통해 사용자에게 역감 피드백을 제공하는 기법들이 제안되어 왔다. [1] 해당 기법은 개별 강체 입자에 작용하는 유체 힘을 계산하여 무게중심에서 합력과 돌림힘을 계산한 후 햅틱 인터페이스에 해당 힘 정보를 제공한다. 해당 기법은 강체를 한 점으로 간주하여 햅틱 피드백을 제공하기 때문에 도구를 사용 하는 시나리오에 적합하다. 신체와 유체가 접촉하는 상황에서 표면과 유체 간의 상호작용을 진동 등의 촉감으로 표현하며 유체가 전달하는 접촉면적과 흐름을 제공하게 된다.

본 연구에서는 비접촉식 햅틱 인터페이스를 이용해 물리 시뮬레이션 결과를 촉감 피드백으로 생성하는 기법을 제안한다. 비접촉식 햅틱 인터페이스는 장치와 직접 접촉하지 않고 물리적 공간 내 여러 위치에 대해 촉감 피드백을 전달할 수 있다. [2] 본 연구에서는 손 추적 기법을 통해 가상 환경 내의 손 모델에 반영하며 이를 햅틱 디바이스가 생성할 수 있는 손의 영역에 대해 해당 표면을 입자화 한다. 입자화 된 손 표면은 유체 입자간의 상호작용을 SPH 시뮬레이션에 의해 계산하며, 매 시뮬레이션에서 계산된 힘 분포를 통해 집중점을 할당하게 된다. 본 연구에서 집중점은 일정한 범위를 가진 가우시안 분포로 간주하고 있으며,

매 시뮬레이션 결과 마다 최대 힘 지점을 집중점으로 할당하여 유체의 감각을 주게 된다. 추가적으로 매 프레임마다 다수의 집중점을 할당하기 위해 라이프타임 큐 기반의 적응적 변조를 제안하였다. 해당 기법을 통해 각 시뮬레이션마다 할당되는 집중점이 매우 짧은 피드백을 가지는 것이 아니라 상대적으로 더 오래 피드백을 할당할 수 있으며, 추가적으로 충돌이 더 많이 일어나는 지점에 대해 변조 주파수를 더 할당함으로서 각 집중점을 명확하게 느낄 수 있도록 하였다.

참고 문헌

[1] Cirio, G. et al. 2011. Six Degrees-of-Freedom Haptic Interaction with Fluids. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. 17, 11 (Nov. 2011), 1714-1727. DOI:https://doi.org/10.1109/TVCG.2010.271.

[2] Carter, T. et al. 2013. UltraHaptics. *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '13* (New York, New York, USA, 2013), 505-514.

사사의 글 (Acknowledgement)

이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원(2017-0-00179, 디지털콘텐츠원천기술개발)을 받아 수행된 연구임.

신체의 넓은 범위를 부드럽게 움직이는 팬텀 센세이션

윤겨레*, 오승재, 최승문
포항공과대학교
E-mail: *ykre0827@postech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명

<팬텀 센세이션을 위한 진동 디스플레이>

요 약 (Summary)

진동 피드백은 실제로 경험하는 다양한 촉각 자극을 가상 환경 내에서 재생성 할 수 있는 효율적인 방법이며, Haptic vest와 같은 진동 디스플레이들이 주목을 받고 있다. 이러한 진동 디스플레이의 진동자의 개수를 늘리고 간격을 좁게 만들어 풍부하고 세밀한 진동 피드백을 제공할 수 있지만, 그 정도가 인간의 촉각 정밀도나 비용적 측면 등에서 실질적으로 한계가 있다. 이를 극복하기 위한 한 방법으로 팬텀 센세이션(Phantom sensation)이라는 촉각적 착각(Tactile illusion)을 이용할 수 있다.

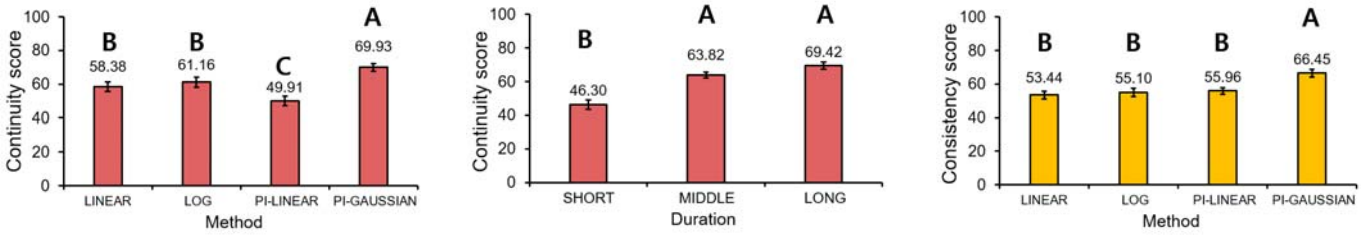
팬텀 센세이션은 일정 거리 내의 신체 여러 부위에 동시에 진동 자극을 가했을 때, 실제 자극 지점들 사이의 한 점에서 진동을 느끼는 촉각적 착각으로, 세기를 시간에 따라 조정하면 자극 지점이 연속적으로 움직이는 것처럼 느껴질 수 있다. 이와 같은 점을 잘 활용하기 위해서는 진동자를 덜 이용하면서 신체의 넓은 부위를 부드럽게 움직일 수 있는 팬텀 센세이션의 렌더링 방법을 디자인하는 것이 필수적이다. 본 연구에서는 4 행의 보이스 코일(Voice-coil)형 진동자를 이용하여 허벅지부터 등 윗쪽까지 부드럽게 움직이는 펜텀 센세이션의 렌더링 방법을 제안하고, 사용자 실험을 통해 이를 평가하였다.

같은 세기의 진동을 재생하는 가상의 진동자가 신체 부위를 움직이고 있는 상황을 생각해볼 때, 이상적인팬텀 센세이션은 1)세기가 일정하게 느껴져야 하며, 2)움직임이 연속적으로 느껴져야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저, 진동자가 닿는 신체 부위의 100 Hz 진동에 대한 정신물리학적 강도 함수(Psychophysical magnitude function)를 측정하여 진동 민감도를 보정해주었으며, 인지 강도 단위로 진동의 세기를 조절할 수 있도록 하였다. 그리고 진동의 인지 강도가 가우시안 함수(Gaussian function)를 따르도록 세기를 조정해주어

자극 지점의 움직임이 연속적인 느낌을 주도록 렌더링 방법을 디자인하였다. (PI-GAUSSIAN이라고 명명하도록 한다.)

본 연구에서 제시한 방법을 기존 연구들에서 자주 쓰이던 렌더링 방법들과의 비교를 통해 평가 하였다. 기존의 방법들은 1)진동의 물리 세기(가속도)를 Linear하게 조정하는 방법(LINEAR), 2)진동의 물리 세기를 Logarithmic하게 조정하는 방법(LOG), 3)진동의 인지 세기를 Linear하게 조정하는 방법(PI-LINEAR)으로 총 세 가지이다. 자극의 종류는 본 연구에서 제안하는 방법을 포함하는 렌더링 방법 4가지와 움직이는 자극의 시간 3가지(0.75, 1.5, 2.0초)를 조합한 12 종류이며, 각 자극을 경험한 사용자가 자극 지점의 움직임이 연속적인 정도(Continuity)와 자극 세기가 일정한 정도(Consistency)를 0~100점으로 평가하는 방식으로 사용자 실험을 진행하였다. 한 세션에 모든 자극을 한 번씩 평가하며, 총 5번 세션을 반복하였다.

각 점수를 반복 있는 2-way ANOVA를 통해 분석한 결과, Continuity 점수에는 렌더링 방법과 자극 시간이, Consistency 점수에는 렌더링 방법만이 유의미한 효과가 있었고, 교호 작용은 모두 유의미하지 않았다. 유의미한 요인에 대하여 Student-Newman-Keuls 사후 검정을 통해 분석한 결과, 본 연구에서 제시하는 PI-GAUSSIAN 방법이 다른 방법들보다 Continuity 및 Consistency 점수가 유의미하게 높았다. 또한, 자극 시간이 길어질수록 Continuity 및 Consistency 점수가 높아지는 경향성을 보였다. 이러한 결과를 야기하는 바는, 움직이는 팬텀 센세이션이 실제 actuator 위치를 지나갈 때, 즉 진동 세기가 커지다가 작아지는 Peak 지점이 뾰족할수록 사용자가 세기가 급격하게 변하는 것을 느끼면서 실제 actuator 지점을 인지하여 움직이는 느낌의 착각에 방해를 받는 것으로 예상된다.



<렌더링 방법와 자극 시간에 따른 Continuity / 렌더링 방법에 따른 Consistency 점수와 사후 검정 결과>

Measurement-based Modeling and Rendering of Elasto-plastic Deformation

Arsen Abdulali, Ibragim Atadjanov, Seokhee Jeon*
Kyung Hee University
E-mail: *jeon@khu,ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명

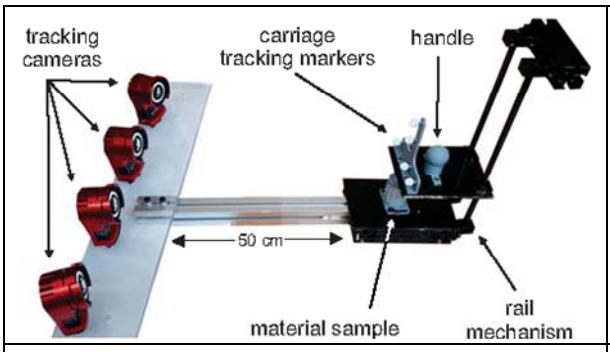


Fig.1 Data-collection setup.

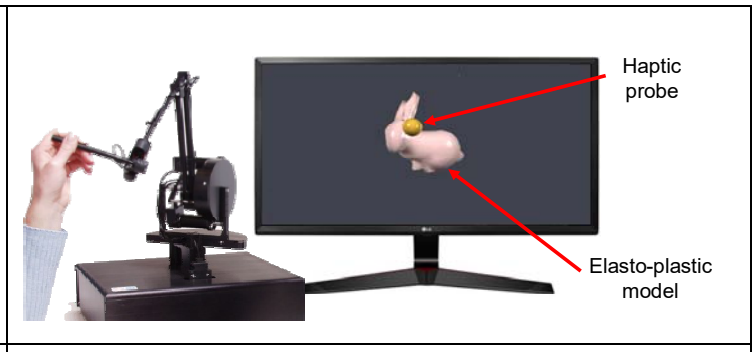


Fig.2 Rendering environment.

<햅틱디바이스 시뮬레이션>

요 약 (Summary)

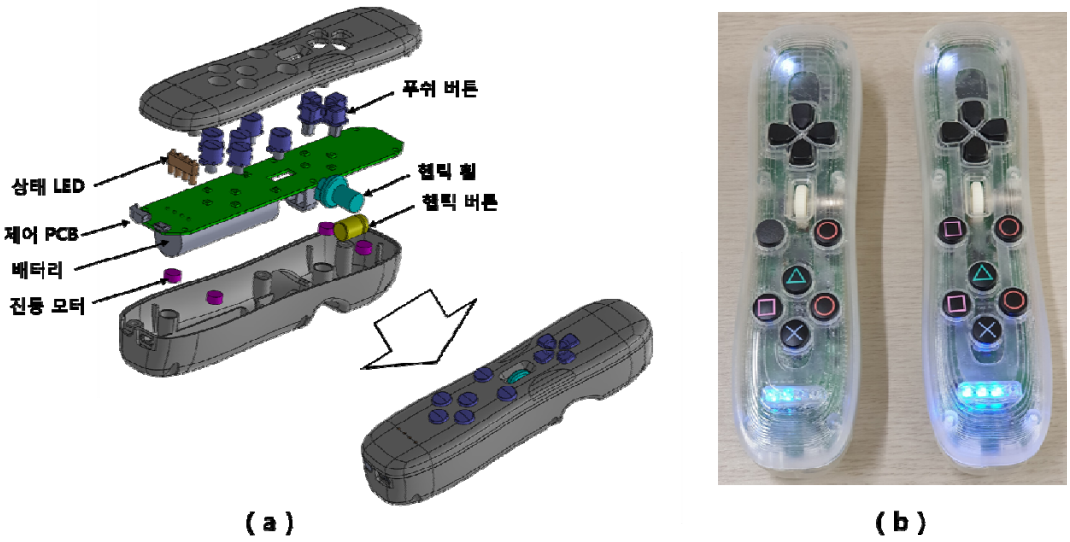
- In this work, we developed the framework for modeling and rendering elastoplastic deformation. We built a data-collection system capturing the shape of elastoplastic deformation of cylindrical material sample and corresponding response normal forces. We integrated the multiplicative constitutive plasticity model into optimization-based Finite Element Method (FEM) solver. The optimization-based FEM solver approximates the object's deformation by alternating local and global steps using ADMM principle. The local step, where non-linear forces are computed, can be computed concurrently for an individual element. The global step then finds compromise combination among all elements. The multiplicative plasticity model decomposes the applied strain into elastic and plastic (permanent deformation) components. Our rendering setup allows real-time simulation (250-300 Hz) of the elastoplastic deformation. The demonstration attendees will experience the elastoplastic deformation of various materials and geometric shapes.

몰입형 게임용 햅틱 컨트롤러

최형회 [1], 윤인호 [1], 황진상 [2], 김상연 [1*]
[1] 한국기술교육대학교
[2](주)부품 DB
E-mail: [1*]sykim@koreatech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



< (a) VR 햅틱 컨트롤러 분해도, (b) 제작된 햅틱 컨트롤러 >

요 약 (Summary)

현재 Xbox, PlayStation, 닌텐도 스위치 등 다양한 콘솔 게임 플랫폼들이 출시되고 있으며, 이러한 게임 플랫폼 들은 사용자들이 게임을 즐기는 데에 사용되고 있다. 사용자는 게임 컨트롤러를 통해 게임 내의 오브젝트들과 상호작용을 하며, 게임 내에서 순간적인 이벤트들이 발생할 때 진동이 울리는 등의 피드백을 제공받는다. 하지만 현재까지 출시된 컨트롤러가 사용자에게 제공할 수 있는 감각은 단순한 진동감각뿐이며, 진동감각만으로는 게임 내 다양한 이벤트에 대한 피드백을 사용자에게 효과적으로 제공하기 어렵다는 단점이 있다. 이에 본 연구에서는 일반적인 컨트롤러에 탑재되어 있는 휠 및 버튼 인터페이스에 다양한 감각을 생성할 수 있는 액추에이터를 탑재하여 사용자에게 다양한 회전감각 및 버튼감각을 제공할 수 있는 햅틱 컨트롤러를 제안한다. 또한 이 컨트롤러는 내장된 진동 모터를 제어하는 방식에 따라 사용자에게 정적 진동 혹은 동적 진동을 제공한다. 그림(a)와 같이 제안하는 햅틱 컨트롤러는 햅틱 휠, 햅틱 버튼, 진동 모터, 제어 PCB, 상태 LED 및 푸쉬 버튼들로 이루어져 있으며, 그림(b)는 제작된 컨트롤러를 보여준다.

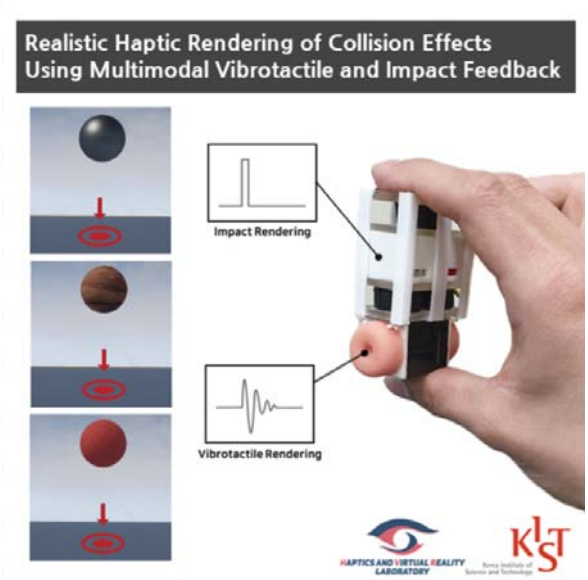
본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였다[No. 2017-0-00179, HD 촉감 기술 기반 초실감 콘텐츠 재현 기술 개발]. 또한, 산업 자원부(MOTIE, Korea)가 후원하는 The Industrial Strategic Technology Development Program (10077643, 비정형 다물체 키핑을 위한 형상 적응형 전기 접착식 그리퍼 개발)에서도 지원을 받았다.

Realistic Haptic Rendering of Collision Effects Using Multimodal Vibrotactile and Impact Feedback

박채용 [1], 박재영 [2], 오승재 [3], 최승문 [4*]
[1, 3, 4] Pohang University of Science and Technology (POSTECH)
[2] Korea Institute of Science and Technology (KIST)
E-mail: [1]pcy8201@postech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<Multimodal Haptic Hardware>

요 약 (Summary)

We present a system for multimodal haptic feedback, which combines impact feedback with vibrotactile sensation to improve the realism of contact events in virtual environments. This hybrid approach complements the limitation of each modality, like a low contact force of vibrotactile feedback and a narrow frequency range of impact feedback.

The design of the multimodal haptic device includes a commercial voice coil actuator and a specially designed 1-DOF impact actuator. When a user is grasping the multimodal haptic device with one hand, our haptic device can selectively render the synchronized multimodal stimulus or each haptic stimulus in a virtual collision simulation. For the simulation, we present three distinct virtual collisions, steel ball and steel plate, wooden ball and wooden block, and rubber ball and concrete block, and the graphics rendering also provided corresponding visual cues for the physical properties of the object pairs.

To verify the effectiveness of the multi-modal feedback, we conducted a user experiment which assessed the rendering quality of each method on virtual collision events of the various object pairs. Experimental results demonstrated that our multimodal approach can contribute to critically expanding the dynamic range of virtual collision simulation, especially between highly stiff objects.

Data-Driven Haptic Modeling of Normal Interactions on Viscoelastic Deformable Objects Using a Random Forest

차호준 [1], Amit Bhardwaj[2], 최승문 [3]
[1, 2, 3]Pohang University of Science and Technology (POSTECH)
E-mail: [1]hersammc@postech.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명

<점탄성 데모 장면. 사용자가 팬텀 힘반향장치를 normal 방향으로 움직이면 들어간 깊이에 따라 모델링된 힘이 출력된다. >

요 약 (Summary)

가상현실에서 다양한 물체들의 촉감 성질을 구현하는 방법 중 현재 가장 정확도가 높으면서 손쉽게 모델링하는 방법으로 측정한 데이터로부터 모델을 구축하는 (data-driven) 방법이 있다. 그 중 점탄성 모델링은 복잡한 성질을 모델링하기 위해 RBFs(Radial-Based Functions)를 구축하여 만들었지만 데이터 수집 및 모델링 시간이 상당히 오래 걸리기 때문에 실제 활용하기는 어려웠다. 이를 극복하기 위해서 Random Forest라는 기계학습 기법을 사용하여 단 10%의 데이터만 사용하여 RBF와 유사한 정도의 정확도를 내고 학습 시간 또한 짧은 모델링에 성공하였다.

박물관 패널의 인터렉티브 콘텐츠화

조지훈, 임주원, 김현수, 김태호, 박진아*
한국과학기술원, 컴퓨터 그래픽스 및 가시화 연구실
E-mail: *jinahpark@kaist.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명

<한국의 미라 전시관 내 패널의 인터렉티브 콘텐츠화 예시>

요 약 (Summary)

많은 박물관들이 전시를 진행함에 있어서 글과 그림으로 이루어진 패널을 사용하지만, 정적인 정보는 전시에 대한 흥미를 끌기 어렵다는 단점이 있으며 특히 동적인 디지털 콘텐츠에 익숙한 어린이의 관심을 끄는 것은 더욱 힘들어지고 있다. 최근에는 동적인 시각 정보를 제공할 수 있는 헤드마운트 디스플레이나 홀로그래픽 디스플레이를 사용한 전시콘텐츠들이 개발되고 있지만, 체감형 콘텐츠가 아닌 시각 콘텐츠 위주의 단방향성 콘텐츠라는 한계를 지닌다. 본 연구에서는 기존의 박물관에 있는 패널들을 재해석하여 인터렉티브 콘텐츠화 시키는 것으로 박물관 고유의 전시 콘텐츠와 다양한 렌더링 및 인터페이스 기술을 결합하여 양방향 소통이 가능하고 멀티 모달 피드백을 갖는 몰입형 콘텐츠를 만들 수 있다. 본 연구에서 제시한 방법의 실현가능성과 그 효용성을 보이고자 충남 공주에 위치한 계룡산자연사박물관과 협업하여 한국의 미라 전시관을 시범전시의 주제로 선정하였고 햅틱 디바이스와 터치 스크린을 활용한 인터렉티브 콘텐츠의 프로토타입을 제작하였다. 현재 프로토타입을 일반 관람객에게 시범적으로 전시하는 중에 있으며 추후 수집된 피드백을 분석하여 콘텐츠를 발전시켜갈 계획에 있다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-과학문화전시서비스 역량강화지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2018X1A3A1069693).

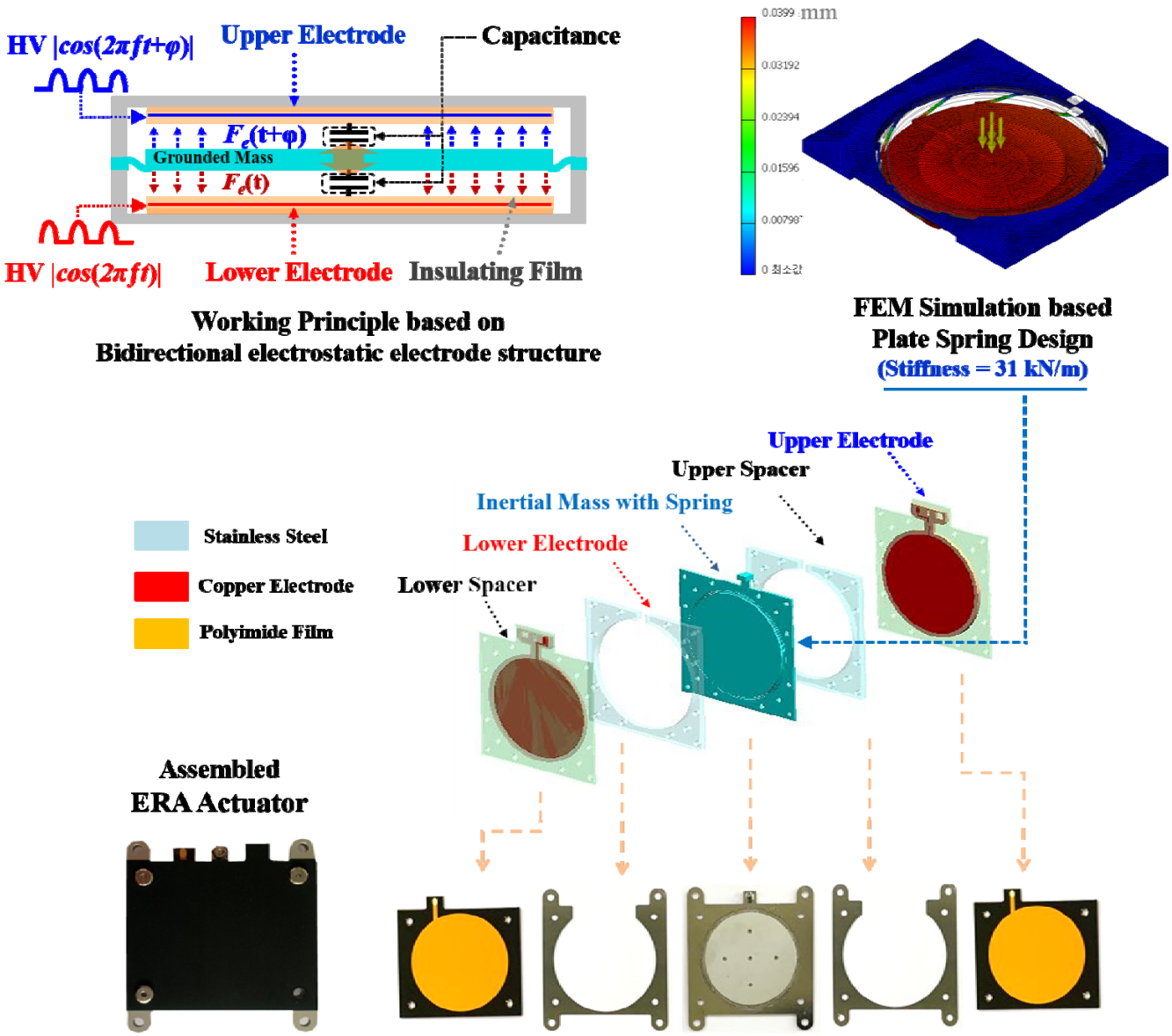
ERA: 양방향 정전기력 전극구조를 이용한 고출력 공진 액추에이터 개발
(ERA: Electrostatic Resonant Actuator)

이영서 [1], 전영준 [1], 임재희 [1], 남정영 [2], 백승현 [2], 김성원 [2], 양태헌 [1*]

[1] 한국교통대학교
[2] 이미지스테크놀로지
E-mail: [1*]thyang@ut.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



< 개발된 ERA (Electrostatic Resonant Actuator)의 구조와 작동원리 >

요 약 (Summary)

진동을 이용하여 사용자에게 촉감을 모사하는 진동 촉감(Vibrotactile sensation) 기술은 최근 휴대용 기기에서 몰입감을 높이기 위한 UX (User eXperience) 기술 중 하나로 자리잡았다. 이에 따라, 햅틱 기능을 제공하기 위해 최적화된 선형진동모터(Linear Resonant Actuator), Taptic Engine 등이 모바일 기기에 널리 상용화되어 왔다. 반면, 급격하게 성장하고 있는 중대형 인포메이션디스플레이에서 햅틱피드백을 제공할 수 있는 상용화된 기술이 없다. 이러한 중대형 디스플레이는 차량·카지노·광고·의료기기용으로 광범위하게 산업계에 적용되고 있으며, 사용자가 디스플레이에 터치 입력 시 진동 햅틱피드백을 제공하는 기능 추가에 대한 산업계의 큰 수요가 있다. 특히, 자동차 인터페시아의 버튼 및 다이얼이 Tesla, BMW, 벤츠, 렉서스 등을 중심으로 대형 터치 LCD로 점차 바뀌고 있는데, 운전 중에 터치 조작 시 버튼에 비해 운전 집중도를 크게 떨어뜨려 햅틱 진동피드백의 필요성이 대두되고 있다. 현재, TDK Corp.에서 개발한 Piezo-ceramic 기반의 PowerHap™ Actuators가 자동차용 대화면 LCD를 위한 가장 앞선 햅틱피드백 기술을 보여주고 있지만, PowerHap™ Actuators는 LCD를 플로팅시켜 힘을 전달하는 방식을 적용하고 있어 신뢰성에 한계를 보이고 있으며, Piezo-ceramic이 가지고 있는 Brittle한 고유한 특성은 여전히 문제로 남아있어 상용화를 위한 추가의 기술개발이 필요할 것으로 판단된다.

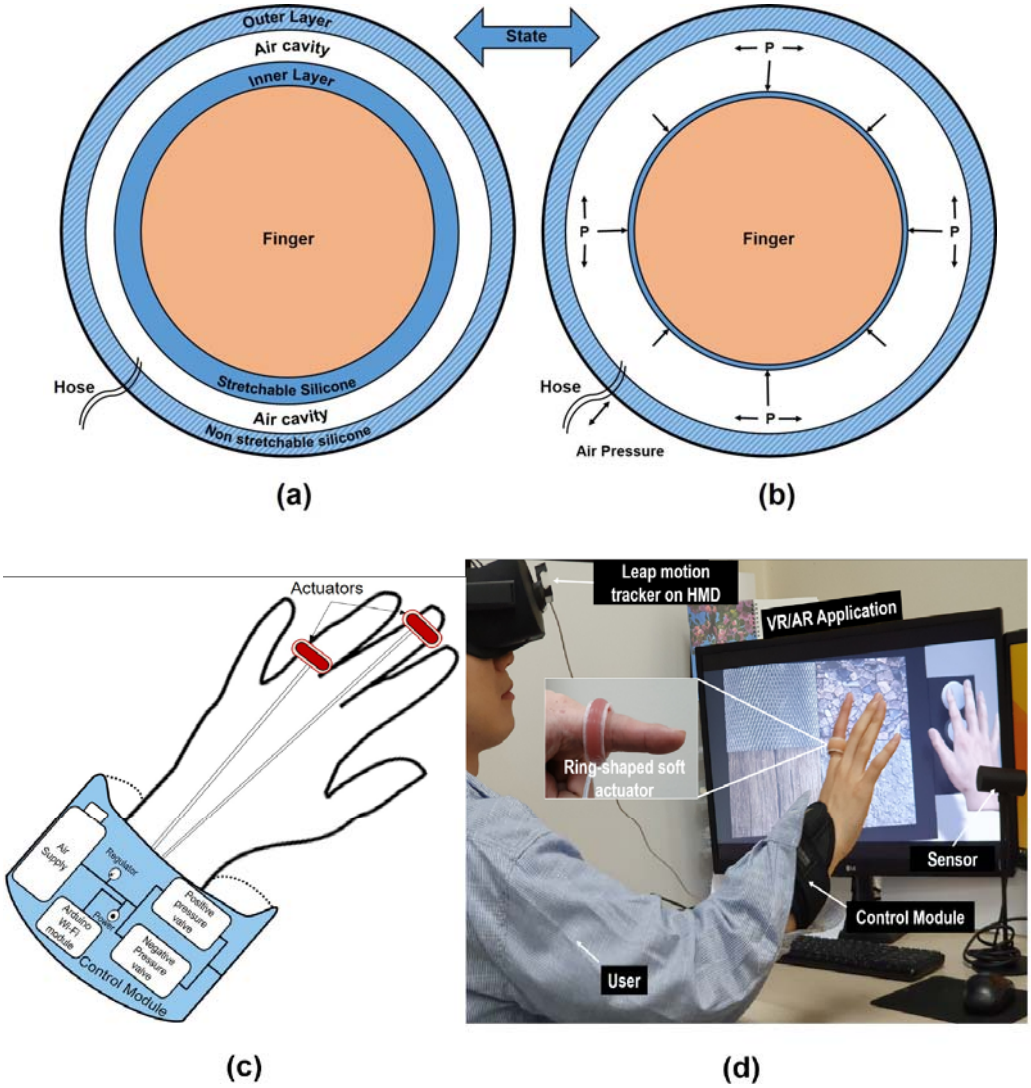
본 연구에서는 기존의 Voice coil 또는 피에조 구동방식 대신, 정전기력으로 Mass를 상하로 흔들어 진동을 발생시키는 방식을 채택하였다. 정전기력으로 진동을 발생시키는 방식은 구동력이 코일이 아닌 얇은 전극에서 생성됨으로, 얇은 평판 타입의 디자인으로 액추에이터로 제작이 가능하여, 중대형 디스플레이의 뒷면에 탑재되기에 가장 적합한 구조를 가지기 때문이다. 또한, 정전기력 구동방식은 구동력을 발생시키는 부품을 FPCB 전극으로 구성할 수 있어, Voice Coil Motor 타입에 비해 신뢰성과 우수한 내열성을 추가로 가질 수 있는 장점이 있다. 이러한 장점에도 불구하고, 정전기력은 Voice coil 또는 피에조 구동방식에 비해 단위부피에서 단위에너지 입력 시 발생시킬 수 있는 구동력이 떨어져 진동액추에이터로의 활용성이 부각되지 못하고 있었다. 본 연구에서는 정전기력 구동방식의 장점인 Form-Factor를 적용하면서도 구동력을 현격히 높일 수 있도록, 판스프링에 연결되어 Ground가 접지된 Mass를 이격 되어 있는 상하의 전극이 정전기력으로 상하로 교번하여 흔들어 진동력을 증폭시킬 수 있는 새로운 고출력 진동액추에이터를 개발하였다. 또한, 진동력을 급격히 높이기 위해, 상하 진동 시 공진주파수를 사용하였다. 판스프링의 공진주파수를 인간의 기계적반응수용기(Mechanoreceptor)가 진동에 가장 민감한 150Hz 수준으로 설계하기 위해, FEM 시뮬레이션을 통해 31 kN/m (mass=29g)의 강성을 갖도록 설계하고, 대표적인 비자성 스프링재료인 SUS304를 wire-cutting 기계가공으로 판스프링을 제작하였다. 개발된 액추에이터의 출력 진동력을 최대화하기 위해, two D.O.F 진동 수학모델을 만들고 Parametric Study를 통하여, 액추에이터를 디자인하고 제작하였다. 개발 완료된 2kV의 단일 입력전압에서 실험을 수행하였고, 그 결과 제안하는 모듈의 공진은 163 Hz에서 발생하였고, 약 4.0g (100g 기준)이상의 진동력이 발생됨을 확인하였다. 개발된 시스템에 입력하는 고전압 신호를 다양하게 변화시킬 수 있는 최적화된 소형 High-Volt Controller를 개발하여 액추에이터와 하나의 모듈로 결합되도록 개발하였다. 개발된 액추에이터는 얇은 구조의 Form-factor를 가지고 있고, 내구성이 높으며, 충분한 진동력을 발생시킬 수 있어 중대형 인포메이션 기기에서 진동 햅틱피드백을 제공할 수 있는 가능성을 충분히 보여주었다.

Wearable Soft Pneumatic Ring with Multi-Mode Controlling for Rich Haptic Effects

Aishwari Talhan[1], Hwangil Kim[1], Seokhee Jeon[1]
[1] 경희대학교
E-mail: {aishwari99,ghkddlf95,jeon}@khu.ac.kr

발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



<Illustrated concept and use-case of our soft haptic ring: (a) a cut section viewof the multi-layer membranes of the ring in a normal state, (b) pressurized state, (c) pressure control module and examples of actuator's positions of finger mounting, (d) illustrative scenario of VR/AR application: exploring the virtual textures and perceiving its haptic feedback>

요 약 (Summary)

Common mechanical actuators for haptic feedback are generally dedicated to creating single kind of

feedback, e.g., vibrotactile only [Choi and Kuchenbecker 2013], the pressure only, or shear force only, [Girard et al. 2016; Pacchierotti et al. 2017]. This is against the fact that highly realistic fully immersive VR/AR sometimes requires rather complete and rich multi-mode haptic feedback. For instance, when rubbing your finger on a wooden desk, the fingertip simultaneously senses both the high-frequency vibration due to the roughness of the surface texture and the quasi-static pressure due to pushing force, and your brain combines them to feel it as a wooden desk. The lack of any of the involved physical signal may seriously deteriorate the realism. This may be one of the reasons why current haptic interface technology for VR/AR environments is not at the same level as visual interfaces.

Using multiple actuators having different covering bandwidth can be one of the solutions. However, making different mechanical end-effectors from multiple actuators share the same contact area on a finger skin is not a trivial task. Besides, multiple hardware inherently makes the system bulky, decreasing the usability, especially when wearability is one of the important requirements.

This paper presents our new haptic interface that partially overcomes the issues. The interface is a soft silicone bladder and wearable, i.e., small and light enough to wear, to the finger as a ring. It is capable of providing various haptic feedback including high pressure, high-frequency vibration (up to 250 Hz), and an impact to the finger simultaneously through a single end-effector. Through our empirically formulated controlling algorithm, the rendered pressure, the frequency of the vibration, and the amplitude of the vibration can be precisely controlled.

We choose to use pneumatic actuation to a soft bladder due to the following reasons. First, pneumatic actuation is small and lightweight (if combined with miniaturized valves and compressed air tanks) but powerful, so is optimum when considering portability. Our device, for instance, can generate up to 2.2 G acceleration and 7.6 N force and weight only 250 gram. Secondly, the membrane of the ring-shaped bladder used as an end-effector is very thin and flexible, so it can be not only used as a static pressure contactor but also moves rapidly to convey vibration. More importantly, combined with a high-pressure air source, the bladder can generate very fast changing pressure, which can be perceived as an impact. As a result, the design of this bladder is one of the essential parts to realize the multi-mode feedback. To our knowledge, vibrotactile feedback using a pneumatic bladder has not been researched anywhere. The followings detail our approach.

The core part of our implementation is the soft ring end-effector. It consists of three layers: an inner layer of stretchable material, an air cavity where compressed air enters from a hose connected to the valves and air source, and an outer layer of the non-stretchable material (refer to fig. 1(a) and (b)). When air pressure blows to the cavity, the stretchable material inflates inward and push the skin of the user, while the non-stretchable material maintains the size and shape of the ring. The multi-layer ring was cast using the Ecoflex 00-30 (Smoothon Inc.). Original silicone is stretchable, but we embedded a nonstretchable fabric during standard silicone curing procedure when manufacturing the non-stretchable membrane. To achieve precise control of the ring, two solenoid valves are connected to the hose: a positive valve for inflating the bladder and a negative valve to release the air to deflate the bladder.

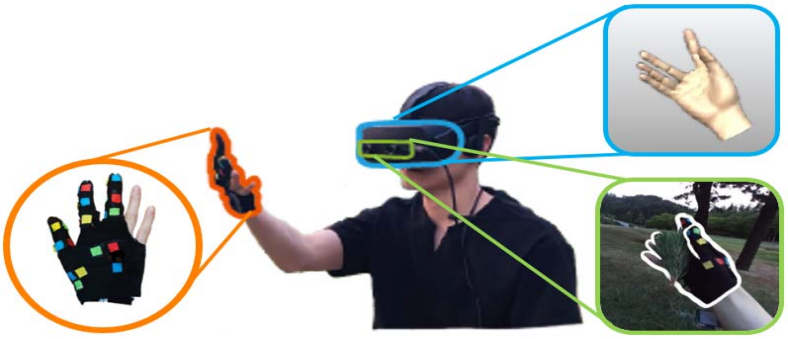
Wearable Visual-Inertial Hand Tracking Interface Regardless of Environment and Occlusion

이용석 [1], 윤한별 [1], 이원하 [1], 허진욱 [1], 이동준 [1*]
[1] 서울대학교 기계항공공학부

E-mail: {yongseoklee, dbsgksquf13, jinukheo, whlee741, djlee*}@snu.ac.kr

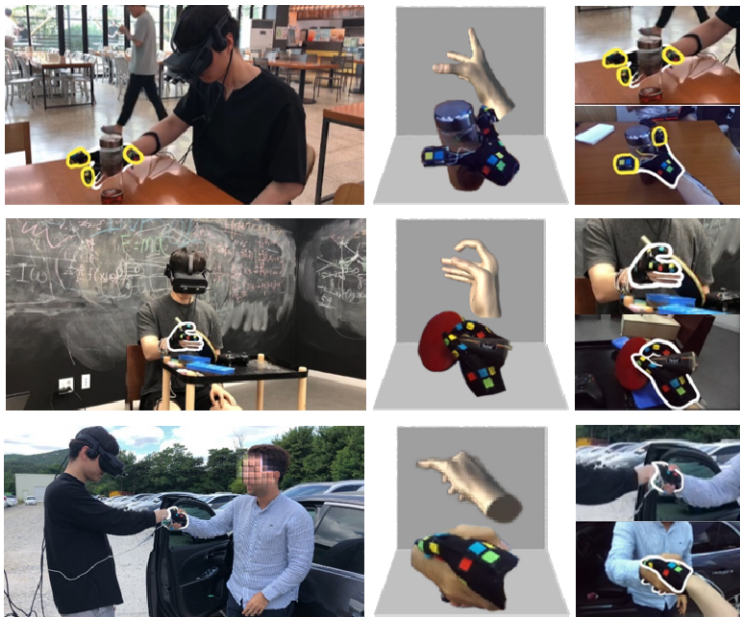
발표형식: 시연 + 포스터

대표그림 및 설명



< 본 연구에서 개발한 Visual-Inertial Hand Tracking Interface >

본 연구에서 개발한 Visual-Inertial Hand Tracking Interface는 크게 착용형 센서 (IMU, Stretch Sensor)와 Color Marker 가 붙어 있는 장갑부와 이 Marker들을 관측하여 시각적인 정보를 제공하기 위한 Stereo Camera로 이루어져 있다.



< 개발 된 시스템의 성능 검증을 위한 정성 실험 결과 스냅샷 :
CHD 장비 착용(위), 가림 현상 하 물체 조작(중간), 실외 환경 내 사람과의 상호작용(아래) >

본 연구에서 개발된 시스템의 성능 검증을 위해 기존 Hand Tracking 시스템들이 잘 작동하지 않는 여러 도전적인 환경에서 정성 평가 실험을 수행하였다. 구체적으로는 Cutaneous Haptic Device를 착용한 상황에서의 Hand Tracking, 물체 (탁구채)를 잡아 손의 일부분이 가려 보이지 않을때의 Hand Tracking, 실외에서 다른 사람과 악수를 하는 등의 상호작용 시 본 시스템의 Hand Tracking 성능을 확인하고 이를 통해 본 시스템이 여러 도전적인 환경에서 잘 구동됨을 확인하였다.

요 약 (Summary)

가상(VR) 공간상에서 사용자의 직관적이고 정교한 작업을 위해 손가락/손 기반의 손 동작 인식 및 가상 물체 조작이 널리 연구되고 있고, 이때의 실감나는 경험, 즉 몰입감 제공을 위해서는 햅틱피드백이 필수적이다. 그러나 이 가상 공간 상의 손가락 기반 햅틱 인터랙션을 위해서는 다 자유도 복잡한 움직임을 갖는 손의 정확한 포즈 인식이 필수적이다.

기존에는 이를 위해 크게 2가지 기술 - 카메라 기반과 착용형 센서 기반의 기술들이 연구되어 왔다. 카메라 기반 기술은 머신 러닝 기술의 발달과 더불어 폭발적으로 연구되었으나, 센서가 원천적으로 갖는 가림 현상 문제와 머신러닝의 데이터셋 의존성 문제 등이 존재하였고, 특히 이 데이터셋 의존성으로 인해 여러 햅틱 디바이스 (e.g. , 손끝 햅틱 피드백 모듈 (3-DOF cutaneous haptic feedback module)) 와 결합 시 데이터 셋의 부재로 인해 제대로 작동하지 않게 된다.

이에 대한 대체연구로서 착용형 센서 기반 기술들이 발전해 왔으나, 이러한 기술들 역시 추가적인 외부 측위 센서에 대한 의존성 (e.g. Vive Tracker), 파라미터 미추정으로 인한 낮은 정확도, 지자기계 간섭 현상 등이 발생한다.

이에 본 연구에서는 두 가지 센서의 장점을 상보적으로 융합, 기존 핸드 트래킹 시스템들이 제대로 작동하지 않는 조건 하에서 강건하고 더욱 정확하게 작동하는 Visual-Inertial Hand Tracking Interface를 개발하였다.

제 11회
한국 햅틱스 워크샵

Haptics with xR

2019년 8월 30-31일 금 · 토
서울대학교 글로벌공학교육센터
컨벤션 대강당

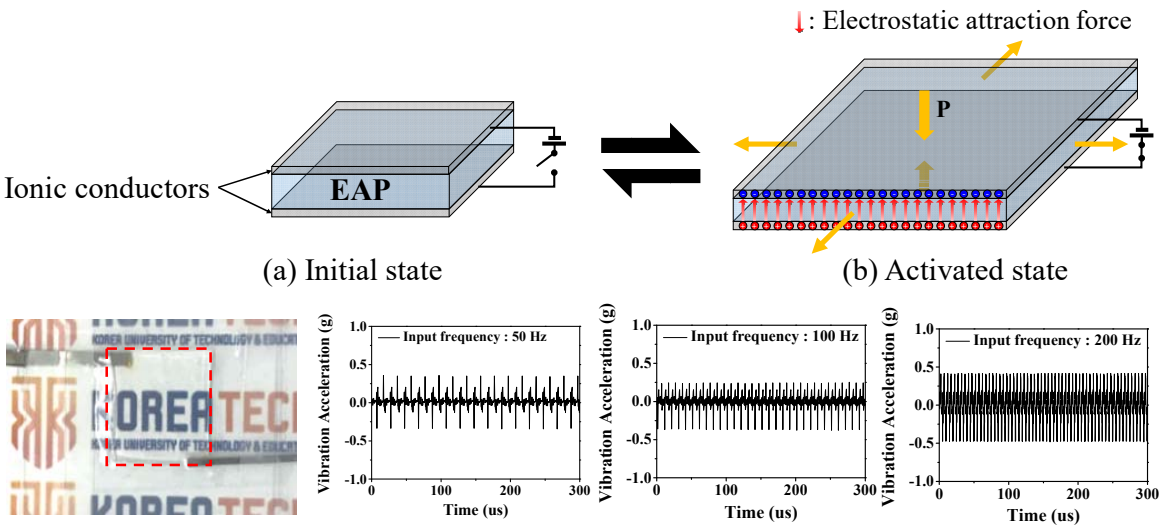
Demos

투명 소프트 진동 촉감 액추에이터

최동수, 이석한, 김상연*
[1] 한국기술교육대학교
E-mail: *sykim@koreatech.ac.kr

발표형식: 시연

대표그림 및 설명



<투명 소프트 진동 촉감 액추에이터>

요 약 (Summary)

본 연구에서는 실리콘 기반의 투명하고 소프트한 진동 촉감 액추에이터를 제안한다. 제안하는 진동 촉감 액추에이터는 유전 탄성체 중 하나인 실리콘 고무 (silicone rubber)와 투명하고 소프트한 이온 전도체 (ionic conductor) 로 구성된다. 이온 전도체는 실리콘 고무의 위·아래 면에 위치되고, 유전 탄성체에 전기장을 인가하기 위한 전극으로 사용된다. 외부 전기장이 이온 전도체를 통해 인가되면, 두 이온 전도체 사이에서 맥스웰 스트레스가 발생하고 이로 인해 두께 방향으로 실리콘 고무가 압축된다. 외부 전기장이 해제되면 실리콘 고무의 탄성 복원력에 의해 액추에이터는 초기 상태로 복원된다. 이러한 현상을 이용하여, 제안하는 액추에이터에 교류 전압을 인가하면 진동을 발생시킬 수 있다.

감사의 글

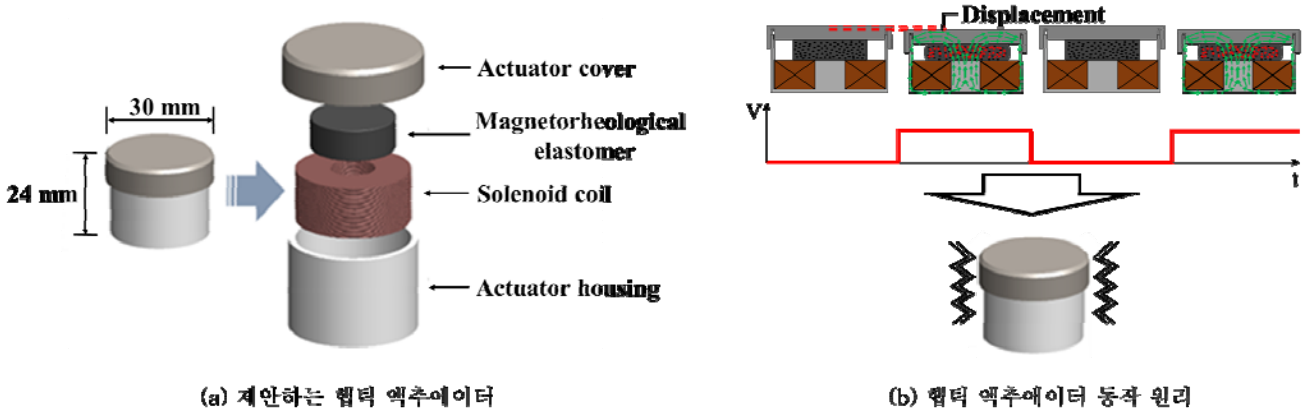
이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2018R1A6A1A03025526). 이 연구는 2017년도 산업통상자원부 및 산업기술평가원(KEIT) 연구비 지원에 의하여 연구되었음[10077367].

자기유변탄성체 기반 진동 촉감 햅틱 액추에이터

김태훈, 이석한, 김상연*
한국기술교육대학교
E-mail: *sykim@koreatech.ac.kr

발표형식: 시연

대표그림 및 설명



<자기유변탄성체 기반 진동 촉감 햅틱 액추에이터>

요 약 (Summary)

본 논문에서는 자기유변탄성체 기반 진동 촉감 햅틱 액추에이터을 제안한다. 제안하는 진동 촉감 햅틱 액추에이터은 솔레노이드 코일, 액추에이터 커버, 액추에이터 하우징 및 자기장에 따라 강성이 변하는 자기유변탄성체로 구성된다. 자기유변탄성체에 자기장이 인가되면, 자기유변탄성체 속에 균일한 간격으로 위치된 자성 입자가 자기선속에 따라 사슬을 형성한다. 사슬은 자성 입자 사이의 거리를 좁히면서 형성되며, 이로 인해 자기유변탄성체는 높이 방향으로 수축하게 된다. 이때 인가되었던 자기장이 해제되면, 형성되었던 사슬이 풀리며 수축되었던 자기유변탄성체의 높이가 초기 상태로 돌아온다. 이러한 자기유변탄성체의 특성으로 인해, 제안하는 햅틱 액추에이터에 교류 전압이 인가되면 햅틱 액추에이터에서 진동이 발생된다. 제안하는 진동 촉감 햅틱 액추에이터는 소형이면서도 전기에 의해 동작하는 특성 때문에, VR 컨트롤러, 모바일 장치, 디지털카메라, 그리고 휴대용 광학 장비 등과 같은 소형 전자제품에 쉽게 탑재될 수 있다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신·방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였다[No. 2017-0-00179, HD 촉감 기술 기반 초실감 콘텐츠 재현 기술 개발]. 또한, 산업 자원부 (MOTIE, Korea)가 후원하는 The Industrial Strategic Technology Development Program (10077643, 비정형 다물체 키핑을 위한 형상 적응형 전기 접착식 그리퍼 개발)에서도 지원을 받았다.

제 11회
한국 햅틱스 워크샵

Haptics with xR

2019년 8월 30-31일 금 · 토
서울대학교 글로벌공학교육센터
컨벤션 대강당

Posters

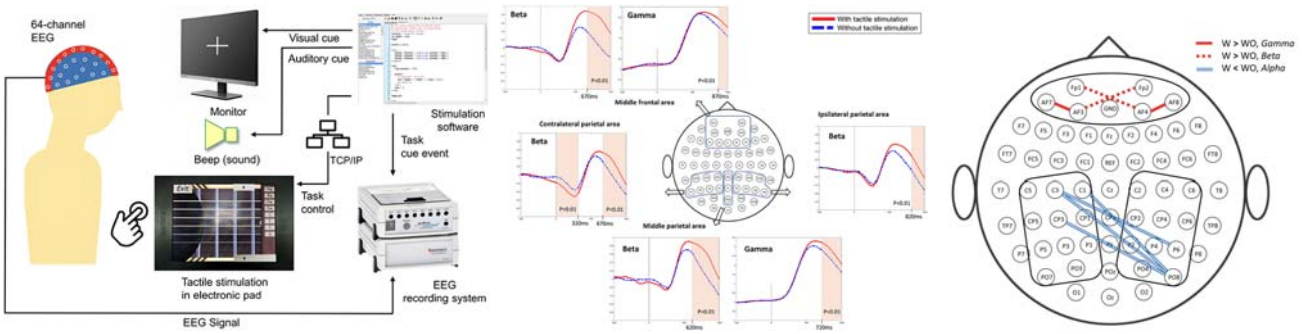
Neural Representation of Tactile Sensation

Wanjoo Park[1*], Mohamad Eid[2]
[1]Engineering Division, New York University Abu Dhabi,
Saddiyat Island, Abu Dhabi, United Arab Emirates

E-mail: [1*]wanjoo@nyu.edu

Presentation: Poster

Figure



(a) (b) (c)

(a) Block diagram of the experimental setup. (b) Beta and gamma power spectral densities in the middle frontal and parietal areas and beta power spectral densities in the bilateral parietal areas. (c) Significant differences of functional connectivity in the prefrontal and interhemispheric areas.

Summary

Tactile sensation largely influences human perception, for instance when using a mobile device or a touch screen. Active touch, which involves tactile and proprioceptive sensing under the control of movement, is the dominant tactile exploration mechanism compared to passive touch (being touched). This paper investigates the role of friction stimulation objectively and quantitatively in active touch tasks, in a real human-computer interaction on a touch-screen device. In this study, 24 participants completed an active touch task involved stroking the virtual strings of a guitar on a touch-screen device while recording the electroencephalography signal. Statistically significant differences in beta and gamma oscillations in the middle frontal and parietal areas at the late period of the active touch task are found. Furthermore, stronger beta event-related desynchronization and rebound in the presence of friction stimulation in the contralateral parietal area are observed. However, in the ipsilateral parietal area, there is a difference in beta oscillation only at the late period of the motor task.

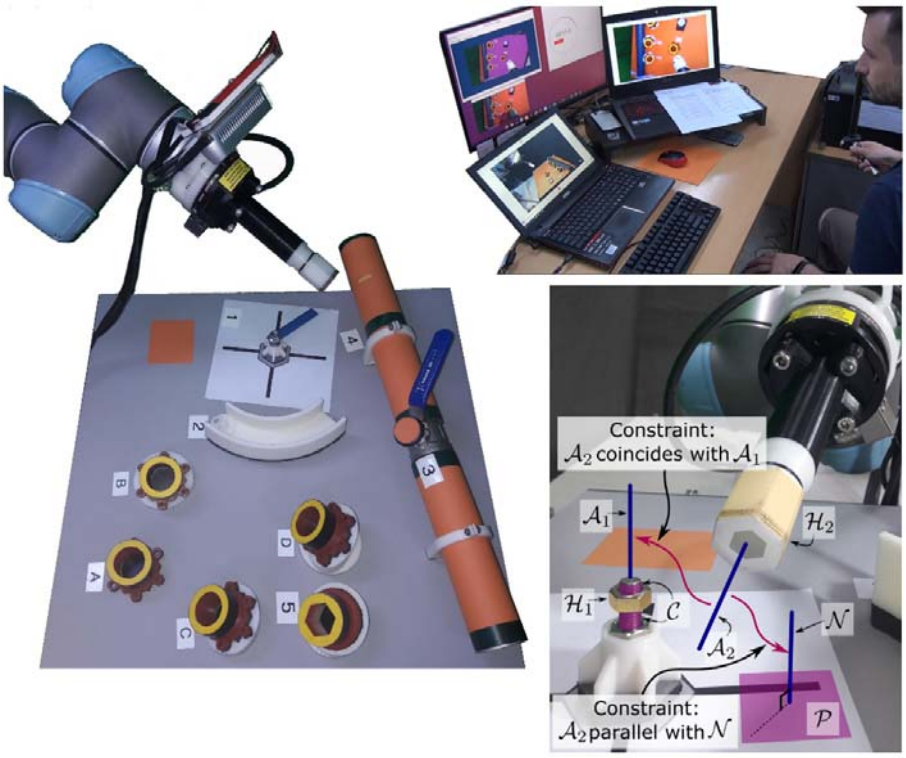
To analysis functional connectivity, phase locking values from alpha, beta, and gamma frequency bands are extracted and compared during the absence and presence of tactile stimulation. Results demonstrated an increase in the connectivity of beta and gamma bands in the prefrontal cortex in the presence of tactile stimulation. Such increase is potentially associated with the development of Bereitschaftspotential, which reflects the intention, planning, and execution of precise voluntary movements. Another interesting finding was an increased interhemispheric connectivity in the absence of tactile stimulation, which is associated with motor impairments. This study provides objective and quantitative evidence that friction stimulation is able to affect the bottom-up sensation and cognitive processing.

Interactive Virtual Fixture Generation Interface for Hard Contact Tasks in Bilateral Teleoperation

Vitalii Pruks[1*], Jee-Hwan Ryu[2]
[1*]KOREATECH
[2]KAIST
E-mail: [1*]vpruks@gmail.com, [2]jhryu@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



System for interactive virtual fixture generation applied to bilateral teleoperation setup. (a) Experimental setup for studying the accuracy and the feasibility of the proposed method. (b) Human operator workspace with input haptic device and the proposed user interface. (c) The diagram demonstrating the core principle of the proposed interactive virtual fixture generation method on the example of a nut bolting task.

요 약 (Summary)

Virtual fixture generation (VFG) is the main technical challenge of using virtual fixtures (VF) in unstructured environments. In this work we introduce an interactive method of VFG that is intuitive, accurate enough to perform hard contact tasks like nut bolting or peg in hole and has a vast potential for further extension to a bigger variety of tasks.

The accuracy of the method is tested on peg in hole tasks where the pegs are randomly oriented. The feasibility of the method is tested on tasks typical for remote maintenance or servicing scenarios, for example: nut bolting, cable laying, valve turning, pipe sawing and constrained peg in hole.

실시간 상변화 시뮬레이션을 통한 온열감 렌더링 기법

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

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명

<입자 기반 물리 시뮬레이션에 의한 젓기 시뮬레이션>

요 약 (Summary)

이 연구는 온도에 따라 고체나 액체로 상이 변화하는 물체의 시뮬레이션과 시뮬레이션 결과에 따른 온열감을 구현하기 위한 실시간 햅틱 렌더링 기법에 대한 연구이다. SPH를 기반으로 한 물리 시뮬레이션을 통해 상변화를 표현하며 열전도 시뮬레이션 결과에 의한 온도의 변화를 멀티모달 햅틱 컨트롤러 내 펠티어 모듈을 통해 전달한다. SPH 시뮬레이션에 의해 열전도 시뮬레이션이 이루어지며 각 입자가 가지고 있는 온도 수준에 의해 강체, 변형체 그리고 유체 간 상변화를 가능케 한다. 각 물성에 따른 상호작용을 실시간에 안정적으로 제공하기 위해 GPU 기반의 시뮬레이션 프레임워크를 개발하였으며 상변화에 따른 결과는 시각 렌더링과 햅틱 렌더링을 통해 전달된다.

본 연구에서 사용자와 가상 유체와의 상호작용을 위해 모션 트래커를 이용하여 현재 사용하고 있는 멀티모달 햅틱 컨트롤러의 위치와 자세를 추적한다. 추적된 위치와 자세 정보는 가상 손 모델에 반영하여 도구를 통해 전달되는 온열감 정보를 실시간으로 전달한다. 실시간 온열감 햅틱 시뮬레이션의 평가를 위해 고체를 중탕하는 시나리오를 통해 검증한다. 사용자는 이 데모에서 중탕하고 있는 고체를 가상 손에 부착된 도구를 통해 저으면서 유체로 변화하는 현상을 시각 렌더링을 통해 확인한다. 동시에 열전달에 의해 발생하는 온열감을 체험하며 유저의 경험에 어떠한 영향을 끼치는지 평가할 예정이다.

사사의 글 (Acknowledgement)

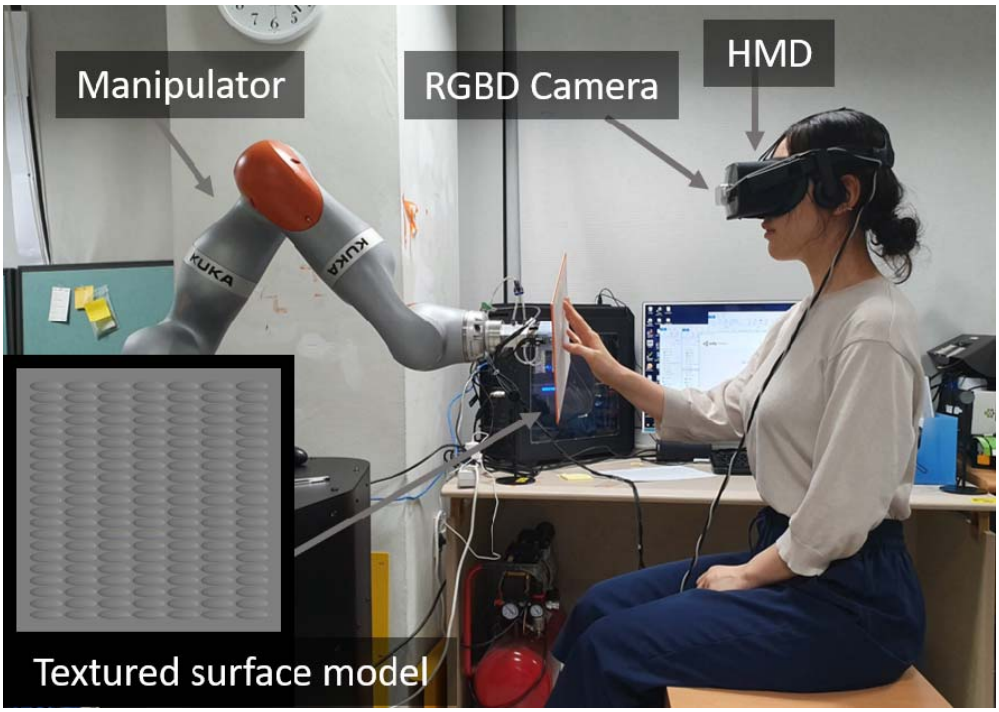
이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원(2017-0-00179, 디지털콘텐츠원천기술개발)을 받아 수행된 연구임. 본 연구에서 사용된 멀티모달 햅틱 컨트롤러는 한국기술교육대학교의 인터랙션 연구실(김상연 교수님)에서 개발하였음.

협동로봇을 이용한 조우형 햅틱 텍스쳐 디스플레이

김예솔 [1], 김영준 [2]
이화여자대학교
E-mail: [1]yaesol91@ewhain.com , [2]kimy@ewha.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



< 거칠기 정보를 제공하는 조우형 햅틱 시스템 >

요 약 (Summary)

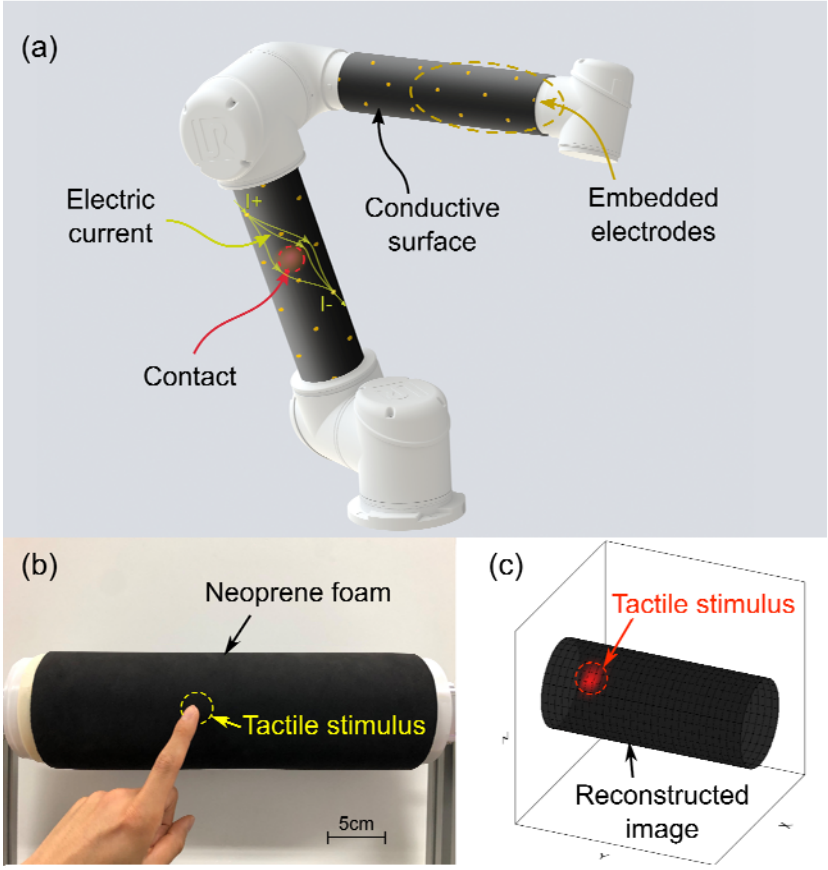
조우형 햅틱 피드백은 가상환경상의 가상 물체에 해당하는 위치에 사용자와의 조우(encounter)를 기다리는 햅틱 디바이스를 통해 제공된다. 사용자의 신체와 접촉이 유지되는 다른 햅틱 시스템과 달리, 조우형 햅틱은 자유로운 접촉(free-to-touch)과 움직임에 따른 충돌(move-to-collide)을 제공하여 가상현실로의 몰입감을 높이는 장점이 있지만 햅틱 인터랙션 포인트에 부착된 하나의 물체로 다양한 표면 질감정보를 제공하는 것에는 한계가 있다. 본 연구에서는 표면 질감 모델링과 질감 렌더링을 통해 조우형 햅틱 시스템에서 사용자가 인식하는 다양한 거칠기를 합성하는 방법을 제안한다. 먼저, 사용자가 맨손으로 하나의 물체를 만지더라도 표면을 쓰다듬는 방향에 따라 다양한 거칠기를 느낄 수 있도록 타원형 돌기를 표면에 배치하여 표면 물체를 모델링한다. 표면 질감 랜더링은 3D 프린팅으로 제작한 표면 모델을 매니퓰레이터 말단에 부착한 조우형 햅틱 디바이스와 실시간 사용자 손 추적 데이터를 이용한다. 시스템 실행 시간에 햅틱 디바이스 말단의 각도와 속도를 사용자의 손 움직임에 상대적으로 조절함으로써 사용자가 다양한 거칠기를 인식하도록 한다. 본 시스템은 KUKA IIWA R800 협동로봇과 Leap Motion 센서, Oculus Rift를 이용하여 구현하였고, 사용자 평가를 통해 하나의 모델을 통해 다양한 거칠기를 성공적으로 제공할 수 있음을 확인하였다.

전기 임피던스 단층촬영법(ERT)를 응용한 대면적 유연촉각센서 개발

박경서 [1], 김정 [1*]
[1] 한국과학기술원, 생체기계연구실
E-mail: [1] bbq2686@kaist.ac.kr, [1*] jungkim@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<(a) concept of the developed sensor (b) sensor prototype (c) reconstructed image from the measurement data>

요 약 (Summary)

인간과 로봇이 공존하는 환경에서 로봇 주변 환경에 대한 불확정성은 제어 및 안전의 문제를 유발한다. 이를 해결하기 위해 시청각 데이터를 사용하고 있지만 카메라의 사각지대나 시끄러운 소음 등은 이러한 접근법을 어렵게 한다. 촉각 데이터는 이러한 문제를 보완하는 하나의 방법이 될 수 있다. 촉각 데이터를 로봇의 모든 부위에서 얻을 수 있다면 촉각 정보에 기반한 motion planning, decision making 등에 응용될 수 있다. 하지만 이러한 대면적 촉각 센서를 만들 때에는 케이블 연결이 매우 많이 필요하므로 시스템이 복잡해지고 불안정해질 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 전극과 전극 사이에서 일어나는 물리량의 변화를 수학적 모델을 통해 간접적으로 유추하는 방식을 사용하여 대면적 촉각센서를 구현했다. 결과적으로, 본 연구에서는 약 900cm^{2}의 면적을 30개의 전극만으로 측정하는 것을 가능하게 했다.

웨어러블 햅틱 마스터

윤정환, 정승모, 정재연, 경기욱*
한국과학기술원
E-mail: *kyungku@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명

<제작된 웨어러블 햅틱 마스터>

요 약 (Summary)

기존에 사람의 손가락 끝에 가상현실의 촉감을 전달하는 웨어러블 기기에 대한 연구가 활발하게 이루어져 왔다. 기존 연구에서는 이러한 웨어러블 기기를 모터를 사용한 구조를 만들거나, 진동 모터를 사용하거나, 전극을 사용하여 전기자극을 주는 방식을 사용했는데, 이러한 방식들은 구조가 복잡하고, 부피가 크며, 무게가 상대적으로 무거워서 착용하기에 어려우며 실생활에 적용하기가 어려웠다. 이러한 단점을 보안하기 위해서, 본 연구에서는 폴리머 액추에이터를 사용하여 손가락 끝에 촉각을 제공하는 모듈을 제작했다. 정전기력 기반으로 작동되는 폴리머 액추에이터는 무게가 매우 가벼우며, 구조 전체가 유연하기에 큰 변형량 및 무게 대비 높은 출력힘을 내는 장점을 갖고 있다. 완성된 손가락 끝에 촉각을 제공하는 모듈은 구조가 매우 간단하고, 가벼우며, 유연하기 때문에 입고 벗기에 매우 편리한 장점을 갖고 있으며, 전기신호를 통해 출력힘을 쉽게 제어를 할 수 있다. 모듈의 전체 무게는 50g 이였으며, 액추에이터의 공진주파수는 120Hz로 설계됐고 최대 출력 힘은 0.4N이였다. 본 연구에서는 이러한 촉각을 제공하는 액추에이터 뿐 아니라, 사용자의 움직임을 측정할 수 있는 유연한 센서도 제작을 하였다. 센서는 광학식 기반의 센서로, 2mm의 얇은 두

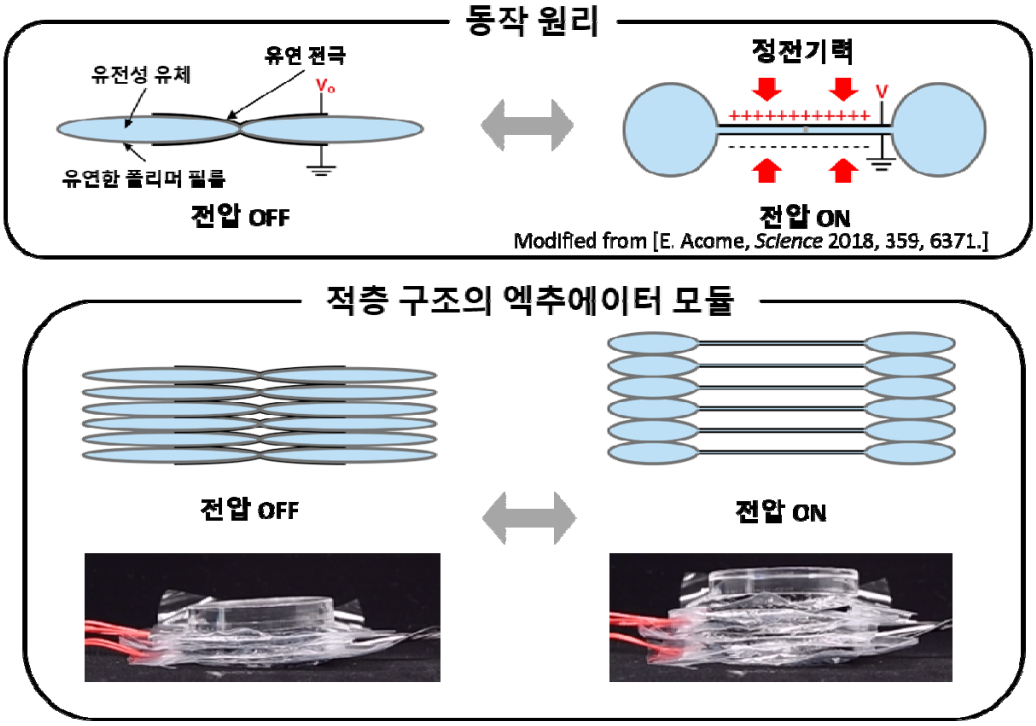
께의 폴리머 판으로 제작된다. 제작된 센서는 10g정도로 매우 가벼우며, 또한 매우 유연하여, 100% 이상의 변위량이 측정 가능하다. 제작된 센서를 사람의 관절에 부착함으로써 사람 관절이 구부러진 정도(각도)가 측정 가능하다. 본 연구에서 제작된 촉각을 제공하는 액추에이터와 센서로 이루어진 웨어러블 햅틱 마스터를 제작했으며, 이를 사용자가 착용함으로써 실시간으로 매니퓰레이터를 제어 할 수 있는 teleoperation 환경을 구축했다.

유전성 유체를 이용한 고출력 소프트 햅틱 엑추에이터 개발

김현우, 마지형, 현규진, 경기욱*
한국과학기술원(KAIST), HRI 랩
E-mail: *kyungku@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<소프트 엑추에이터의 동작 원리>

요 약 (Summary)

기존의 소프트 엑추에이터는 그 자체 소재의 유연성으로 인한 출력(힘/변위)의 한계가 있었다. 본 연구는 편안하고 안전한 차량 내 햅틱 디바이스 개발을 위한 1N 이상의 힘과 20% 이상의 변위를 발생시키는 고출력 소프트 엑추에이터 개발을 목적으로 한다.

본 연구를 통해 개발하는 엑추에이터는 유전성 유체를 이용하는 것을 특징으로 하며, 폴리머 필름 양쪽에 유연 전극에 전위차를 발생시켰을 때 정전기력이 발생하여 중앙의 폴리머 필름이 부착되며 유체가 바깥으로 밀려나면서 변위가 생기는 동작원리를 갖는다. 또한 엑추에이터를 적층으로 쌓았을 때 변위를 증폭시킬 수 있는 점을 활용하여 큰 변위를 가지는 엑추에이터 모듈을 제작하였다.

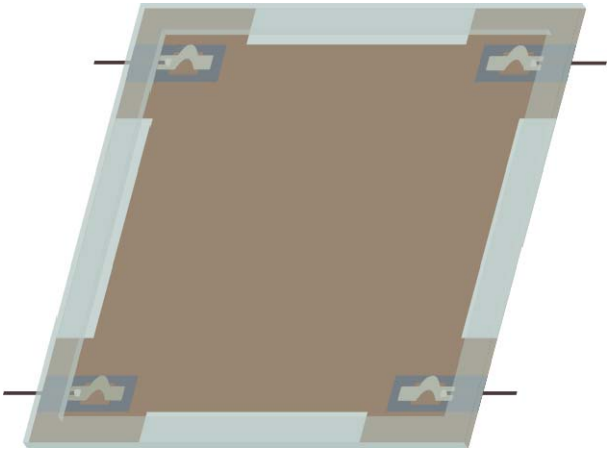
자제 제작 방법으로 제작한 엑추에이터의 성능은 최대 출력 힘 1N이상, 100Hz의 대역폭에서 20%의 변위를 보여 기존 소프트 엑추에이터 대비 고출력의 성능을 보여주었으며, 가능한 활용 분야인 햅틱 차 시트 커버로써 활용 가능성도 긍정적으로 나타났다.

압전 효과 기반의 2 차원 유연한 촉각센서 개발과 진동 국지화

양민진 [1], 김정 [1]
[1] 한국과학기술원, 기계공학과
E-mail: lshiling@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

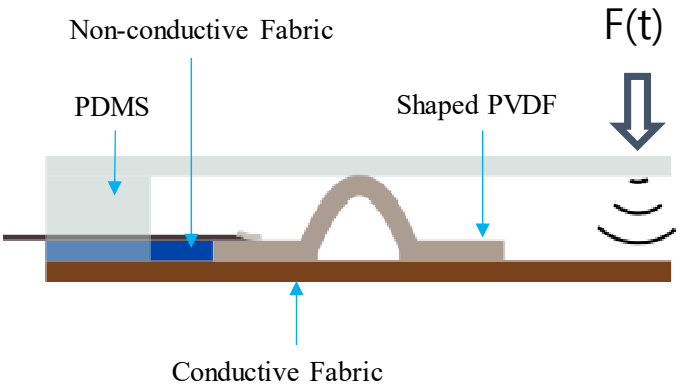
대표그림 및 설명



4개의 5mm by 20mm PVDF를 이용하여 8cm by 8cm의 유연한 미세 진동 촉각센서

요 약 (Summary)

사람의 피부에는 미세한 진동을 감지 할 수 있는 기계수용체가 있어, 물체와 피부에 대한 상대적 움직임(접촉, 미끄러짐, 떨어짐 등)을 감지할 수 있고, 미세한 진동을 분석하여 접촉한 물체 표면의 거칠기 등을 파악하여 접촉한 물체를 알아낼 수 있다. 이러한 장점을 모방한 로봇 손에 대한 개발은 많았지만, 손을 제외한 로봇의 팔이나 몸체에 부착할 수 있는 센서에 대한 연구는 미비했다. 로봇이 팔을 비롯한 몸체에서 미세 진동을 감지 할 수 있다면, 사람이 큰 물체나 여러 물체를 동시에 잡을 때 처럼, 다양한 신체 부위를 활용하여 물체를 조작 할 수 있으며, 더 넓은 부위로 예상치 못한 접촉이나 주변의 물체를 파악 할 수 있는 장점이 있다. 압전효과를 가진 polyvinyldene fluoride (PVDF)를 소수로 이용하여 computation power를 낮추는 동시에 미세진동의 위치를 찾을 수 있는 유연한 미세 진동 촉각 센서를 개발 중이다.



소수의 PVDF로 대면적 미세 진동 촉각센서를 개발하고자 고안한 디자인

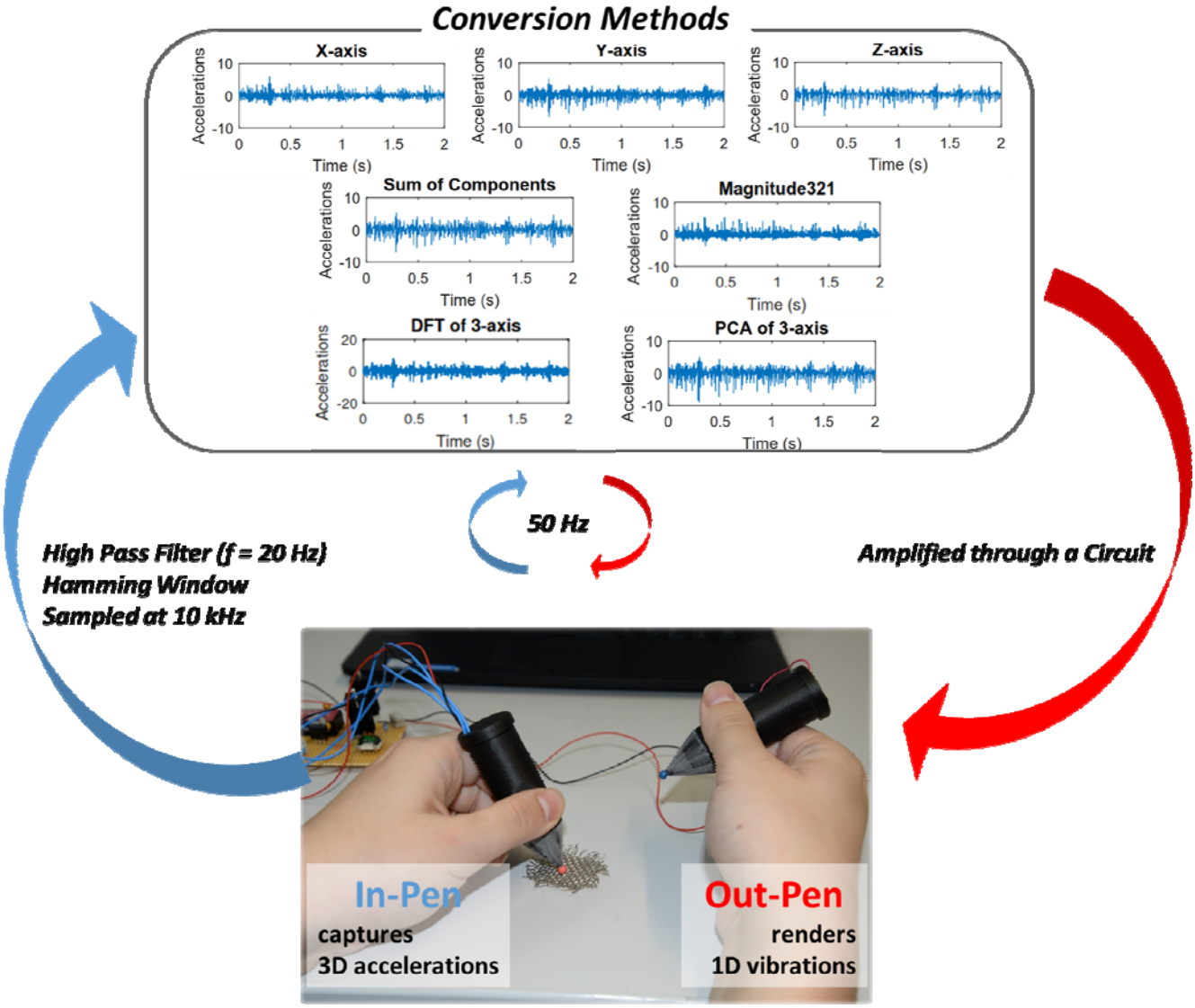
3 차원 진동의 1 차원 감소 알고리즘에 대한 객관적/주관적 평가

박건혁 [1], Katherine J. Kuchenbecker[2]
[1] 광주과학기술원 전기전자컴퓨터공학부
[2] Max Planck Institute for Intelligent Systems, Haptic Intelligence Department

E-mail: maharaga@gist.ac.kr, kjk@is.mpg.de

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



< 본 연구에서 구현한 3차원 진동의 실시간 1차원 진동 전환 시스템>

본 연구에서는 기존의 3차원 진동을 1차원으로 전환시키는 대표적 알고리즘 5종류에 대해, 펜 형태의 3D 프린팅 모듈을 활용한 인터페이스를 제작하여 한 펜 모듈에서 취득한 3D 진동을 다른 펜 모듈에서 실시간

으로 적용하고 이의 정성적 평가 기준을 개선 및 보강하였다. 또한 이렇게 1차원으로 전환된 진동과 실제의 3D 진동과의 유사도를 측정하여 사용자의 인지적 관점에서 평가를 진행하였으며, 이를 정성적 평가 기준과 비교하였고, 그 결과 사용자의 인지적 유사도는 정성적인 평가와 거의 일치하였으나 Vector Magnitude 방법만은 정성적인 평가가 좋지 않은데도 인지적 유사도는 매우 높게 측정되었다.

요 약 (Summary)

진동 피드백은 이제껏 수많은 사용자 인터페이스에서 사실적인 진동 피드백 구현을 통해 더 나은 사용자 경험을 제공하거나 더 다양한 정보를 전달하는 데 쓰여왔고, 사실적이지는 않지만 보다 더 명료하고 간단한 진동 피드백 구현을 통해 사용자의 주의를 환기시키거나 촉각 언어를 만드는 데에도 기여하고 있다. 이 중에서 사실적인 진동 패턴을 제작하는 방법으로는 크게 두 가지 방법이 존재하는데, 전문가들이 제작한 물리 기반 모델을 통해 진동 패턴을 생성하거나 혹은 실제 물리적인 상호작용에서 측정한 3차원 진동으로부터 진동 모델을 생성하는 것이다. 이 두 가지 방법 모두 매우 사실적인 3차원 진동을 생성하는 것이 가능하지만, 실제로 사람은 진동의 방향을 쉽게 구분하기 어렵고 현재 널리 쓰이는 진동 모터들은 대부분 한 방향의 진동만을 생성하기 때문에 현재는 3차원 진동을 1차원 진동으로 전환하여 사용하고 있다.

이러한 진동의 차원 감소는 진동의 방향 고정과 같은 특수한 상황이 아닌 이상 필수적으로 원래의 정보를 상실하게 되며, 이는 곧 진동의 사실성이 어느 정도는 감쇄된다는 것을 의미한다. 따라서 이러한 정보의 상실을 최소화시키기 위한 방법론으로 크게 다섯 가지의 방법론이 제시되어 왔다. 첫째 방법은 3차원 진동의 한 축의 값을 그대로 1차원 진동 값으로 사용하는 Single Axis로, 만일 3차원 진동이 한 방향으로 편중되어 있다면 아주 효율적인 방법이다. 두 번째 방법은 방향의 편중성을 극복하기 위해 세 축의 방향을 더하는 Sum of Components로, 원래의 3차원 진동의 형태와는 상관없이 고른 성능을 보여주지만 각 축 사이의 상관관계를 고려하지 않기 때문에 특정 각도의 진동 정보를 크게 상실하게 된다. 셋째 방법은 각도에 따른 정보의 상실을 극복하기 위해 세 벡터의 크기를 사용하는 Vector Magnitude로, 어느 방향으로 상호작용이 일어나더라도 매우 일정하게 진동 신호를 얻을 수 있지만 진동의 주파수 영역에서의 정보는 아주 크게 왜곡된다. 네 번째 방법은 Fast Fourier Transform을 활용하여 주파수 영역에서의 정보를 최대한 유지하는 방법으로 시간 축의 정보에 대한 보장이 되지는 않으며, 마지막으로 Principal Component Analysis를 사용하여 시간 축에서의 유의미한 정보를 최대한 유지하는 방법이 있다.

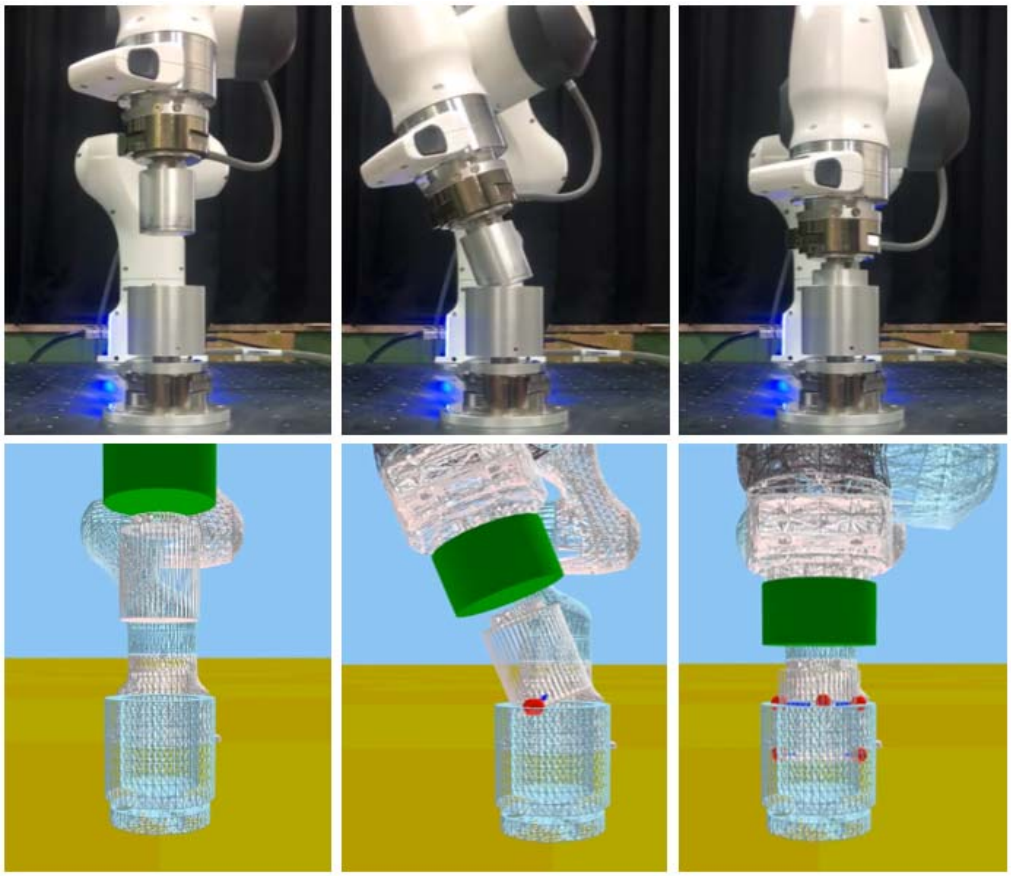
본 연구에서는 이렇게 제시된 다섯 가지의 방법론에 대한 정성적 평가를 위해 기존에 제시되었던 주파수 영역의 정보 유사도와 시간 영역의 정보 유사도를 측정하였으며, 이 중 주파수 영역의 정보 유사성을 개선하여 보다 더 정확성을 높였다. 또한, 진동 감지 센서의 방향에 따른 알고리즘의 민감도를 표현하는 회전 민감도 (Rotational Variability)를 추가하여 알고리즘의 성과를 평가하였으며, 16명의 피실험자를 통한 사용자의 주관적 유사도 평가로 정성적 평가 결과와 높은 상관관계가 있음을 보였다. 하지만 알고리즘 중 Vector Magnitude의 경우에는 정성적 평가에서 주파수 영역, 시간 영역의 유사도가 아주 낮았지만, 실제로 주관적인 유사도의 값은 아주 높게 평가되었다. 이는 다른 알고리즘과는 달리 진동 감지의 방향에 따른 정보의 변화도인 회전 민감도가 Vector Magnitude의 경우 항상 0이기 때문에, 사용자의 펜이 어떠한 자세를 취해도 같은 크기의 상호작용에 대해서는 거의 유사한 진동 패턴을 만들어주는 안정성이 높은 주관적 유사도를 가져오는 것으로 분석되었다.

Passive Midpoint Integration: Fast, Accurate, and Stable Framework for Haptic Rendering

윤재민, 김명신, 손동원, 이동준
서울대학교
E-mail: yjm5181, myungsinkim, son3933, djlee@snu.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<데이터 수집을 위한 실험(위)과 제안한 기법을 통한 실시간 시뮬레이션(아래)>

요 약 (Summary)

최근 Virtual Reality (VR) 산업이 성장함에 따라 신속, 정확, 안정한 동역학 시뮬레이션의 필요성이 대두되었다. 그러나 기존 시뮬레이터들은 특정 상황에서 불안정한 거동을 보이고 peg-in-hole과 같은 다중접촉이 두드러진 작업 모사가 어렵다. 특히 다중접촉 문제의 경우 빠르고 안정한 계산을 위해 접촉점 수를 줄이는 클러스터링 방법이 쓰이는데 정확도에 대한 이론적 분석이 어렵다는 특징이 있다. 이에 본 연구에서는 수동성에 기반한 Passive Midpoint Integrator(PMI)를 통해 안정성을 확보하고 데이터 기반 접촉 클러스터링 기법을 통해 다중접촉 시뮬레이션의 정확도를 향상시켰다.

Stretchable Thermo-haptic Device

설혜연 [1], 원대연 [1], 이원하 [2], 이진우 [1], 이동준 [2], 고승환 [1*]
[1] 서울대학교 기계공학과 응용나노및열공학 연구실 [1]
인터랙티브/네트워크 로보틱스 연구실 [2]
E-mail:maxko@snu.ac.kr [1*]

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명

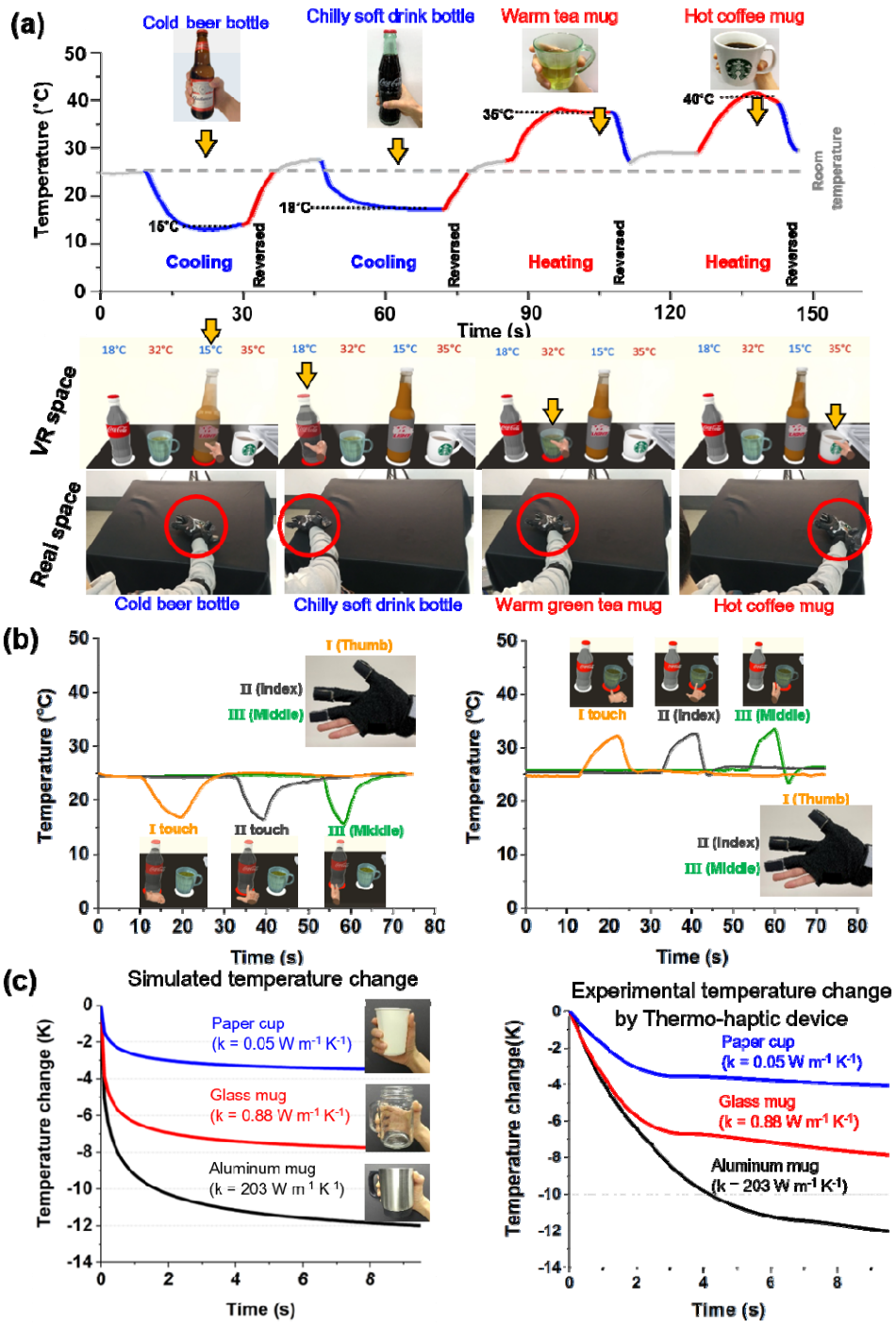


그림 설명:Thermo-haptic 소자를 이용한 가상세계에서의 온각 및 냉각 구현. (a) 가상 물체의 온도 변화 구현. 상단의 그래프는 여러가지 시나리오에 따른 thermo-haptic 소자의 온도 변화를 나타내고 하단의 그림과 사진은 시나리오에 상응하는 가상현실 및 현실의 손 위치를 나타냄. (b) 엄지, 검지, 중지에 소자들을 부착하여 소자들이 독립적으로 구동하는 것을 보여줌. (c) 온도뿐만 아니라 물체 간 열전도 차이를 표현하기 위해서 시뮬레이션 결과를 토대로 thermo-haptic 소자를 이용하여 같은 온도의 열전도도가 다른 물질 (종이, 유리, 알루미늄)을 구현함.

요 약 (Summary)

가상현실에 관한 기술발전이 이루어지면서 HTC Vive나 Occulus Rift 등 시각 및 청각에 관한 정보를 전달해주는 haptic 장비가 상용화되었다. 하지만, 현재 시각과 청각에 비해서 어떤 사물에 대한 다양한 열적 정보 (thermal information)를 촉각에 대한 haptic 연구는 가상 현실 상에서의 큰 중요성에 비해서 많은 연구가 이루어지지 않았다. 인간의 피부는 압각, 온각, 냉각 및 통각 등 여러가지 정보를 감지할 수 있고 이를 통해서 외부환경과 교류한다. 우리의 일상 생활에서 지속적으로 외부와 열적 상호작용을 하기 때문에 여러가지의 촉각 중에서도 온각과 냉각은 굉장히 핵심적인 역할을 한다. 일례로 시각적이 정보 없이 피부와 사물간의 접촉을 통해서 우리는 상대적인 온도 차이뿐만 아니라 열적 물성(열전도)이 다른 사물들까지 구별할 수 있다. 따라서 인공적으로 정확하게 제어가 가능한 열감을 피부에 구현할 수 있다면 기존의 감각 구현을 더 현실적인 가상현실 시스템을 구축할 수 있게 된다.
본 연구에서는 인체 피부 친화적이고 고 신축성을 갖는 웨어러블(wearable)한 thermo-haptic 소자를 세계 최초로 제작하였다. 펠티어 효과를 이용하여 하나의 소자로 전기 전류 방향을 통해 냉감과 열감을 자유자재로 구현할 수 있게 하였고 PID 제어를 통해서 보다 더 정확한 열적 물성을 표현할 수 있도록 하였다. 뿐만 아니라 본 연구에서의 구리 전극은 구조적으로 늘어날 수 있도록 serpentine 구조로 레이저 가공을 하여 전체 소자가 230%까지 인장이 가능하도록 하여 인체의 굴곡진 표면에 잘 부착할 수 있다. 소자의 성능을 평가하기 위해서 소자들을 손가락을 움직임을 트래킹할 수 있는 장갑에 부착하여 여러가지 가상현실에서 다양한 인공의 시나리오 (차가운 맥주병을 잡거나 뜨거운 커피잔을 만졌을 때 등) 구현하였다. 또한, 본 소자를 사용하여 온도 구현 뿐만 아니라 열전전도가 다른 물질들의 열적 물성을 표현할 수 있음을 시뮬레이션과 실험적 데이터를 통하여 보여줬다. 이와 같이 피부 친화적이고 웨어러블한 thermo-haptic 소자는 시각과 청각에만 기반한 현재 가상현실 세계에 온각과 냉각을 더하여 보다 더 현실적인 차세대 가상현실 세계를 구축하는데 기여할 수 있을 것이다.

BAEM: A Toroidal Skin Locomotive Wearable Device

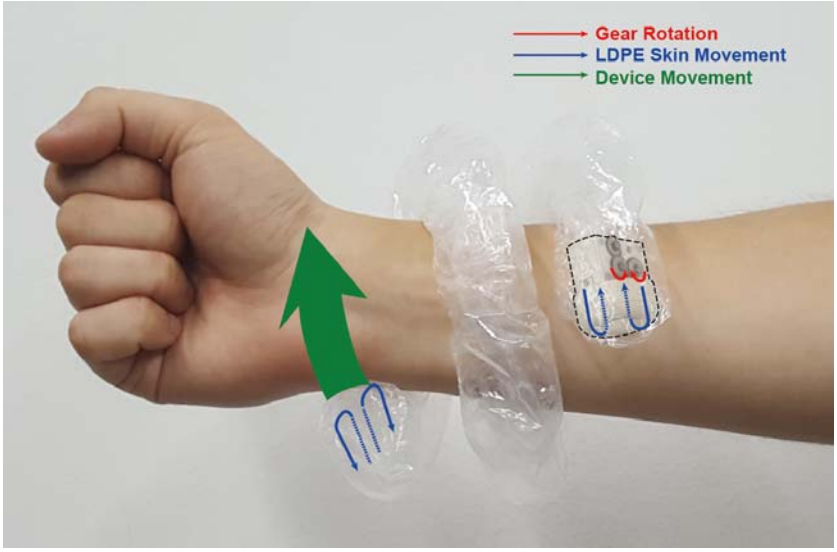
유능, Andrea Bianchi *

KAIST

E-mail: *andrea@kaist.ac.kr

발표형식: 포스터

대표그림 및 설명



<BAEM: 토로이드 튜브 표면을 움직여 팔다리 위를 이동하는 웨어러블 기기>

요 약 (Summary)

최근 웨어러블 기기가 가지는 수동적인 인터랙션, 착용 부위에 따른 역할 제한 등의 단점을 극복하기 위한 방안으로 움직이는 웨어러블 기기에 대한 관심이 높아지고 있다. 웨어러블 기기가 스스로 움직일 수 있게 됨으로써 최적 위치에서의 신체 정보 센싱, 다양한 부위에 대한 피드백 부여, 인터렉티브한 장신구로서의 역할 등 여러 이점이 탐구되었지만, 기존 연구들의 경우, 옷을 이동의 매체로 이용해야 하거나, 착용자에 따른 맞춤 설계가 필요하고, 착용점을 기준으로 한정적인 움직임만을 보여주는 등의 한계가 남아있다.

BAEM은 부드럽고 탄성적인 LDPE(Low-density polyethylene) 풍선으로 만들어진 웨어러블 기기로, 토로이드의 중심선을 나선을 따라 늘린 형상을 하고 있다. 작동시에는 풍선 내부에 위치한 모터와 그에 연결된 바퀴가 토로이드 풍선의 내부를 사이에 끼워 밀고 당기며, 이에 따라 전체 LDPE 풍선의 표면 전체가 회전하며 마치 한쪽에서는 풍선이 자라나고 반대쪽에서는 줄어드는 모양새를 보인다. 기기의 나선 형상 안쪽에 사용자의 팔다리를 넣어 착용하면, 상기한 메커니즘을 통해 전체 기기가 팔다리를 따라 기어 올라가게 된다.

BAEM의 고유한 구동 메커니즘은 위치, 속도에 대한 피드백을 사용자 팔다리 전반에 전달할 수 있으리라 예상된다. 또한 자석 등을 이용해 센서 등의 외부 장치를 장착하여 팔다리 표면 전체에 대한 On-body 센싱, Tactile 피드백을, 풍선 내부 압력 변화를 통해 Squeezing 피드백 등을 추가적으로 사용자에게 전달할 수 있으리라 기대된다.