

# “'인간'을 생각한 XR 체험, 현실-가상 경계 허물다” GIST 김승준 교수팀, ACM CHI 2024 학술대회 'Honorable Mention' 2건 수상

- “가상환경에서 더욱 실감나는 보행”(ErgoPulse): 생체역학 시뮬레이션에 기반하여 전기로 근육을 자극하는 '하체 햅틱' 피드백 시스템 제작
- “미래 모빌리티에서의 사용자 경험 선도”(SYNC-VR): 자율주행 차량 내 VR 체험자가 자주 호소하는 멀미 증상을 줄이기 위해 다양한 감각 입력 통한 실감 VR 경험 제공



▲ CHI 2024 학회 참석 사진: (왼쪽부터) 강유민 박사과정생, 황석현 연구원, 오정석 박사과정생, 김승준 교수, 여도현·강성준 박사과정생, 김보천 석사과정생

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 융합기술학제학부 김승준 교수 연구팀이 미국 컴퓨터협회(ACM)가 주관하는 인간-컴퓨터 상호작용(HCI) 분야의 권위 있는 **국제 학술대회 CHI(Conference on Human Factors in Computing Systems)**에서 ①가상 환경에서의 생생한 보행 체감을 위한 '하체 햅틱' 구현과 ②자율주행 차량 내 가상 현실(VR) 경험 개선에 관한 논문을 발표하여 '**Honorable Mention**'을 2건 수상했다고 밝혔다.

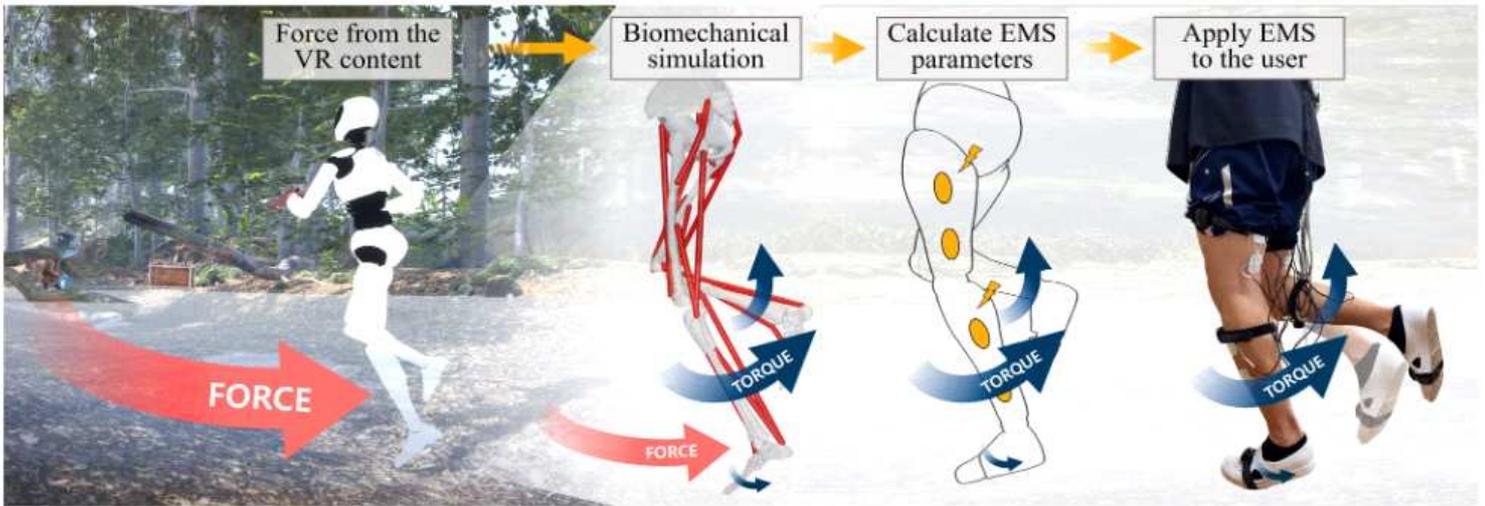
김승준 교수 연구팀이 'Honorable Mention'을 2건 수상한 ACM CHI 2024 학술대회는 지난 5월 11일부터 16일까지 미국 하와이 호놀룰루에서 열렸다.

김승준 교수가 이끄는 HCIS 연구실(Human-Centered Intelligent Systems Lab.)은 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction, HCI)과 인공지능(AI) 기술을 융합하여 **인간과 물리 시스템의 상호작용을 사람 중심으로 설계하고 실증하는 학제간 융합연구**를 수행하고 있으며, 특히 인공지능이 주도하는 상황해석과 의사결정이 사용자 경험에 영향을 미치는 메커니즘을 해석하고, 사용자 상태, 의도, 맥락을 예측하여 선제적인 상호작용에 대한 연구를 중점 수행하고 있다.

김승준 교수 연구팀은 이번 'ACM CHI 2024'에서 발표한 3건의 논문 중 2건 (ErgoPulse, SYNC-VR)이 'Honorable Mention 논문상(5% 이내)'을 수상하며 그 우수성을 인정받았다.

**[논문1]** 'Honorable Mention'을 수상한 김승준 교수 연구팀의 첫 번째 연구 성과는 전기 근육 자극(EMS)과 생체역학 시뮬레이션을 통합한 혁신적인 VR 햅틱 피드백 시스템 'ErgoPulse'이다.

이 시스템은 사용자의 하체에 실시간으로 힘을 전달하여 VR 환경에서 물리적 상호작용을 실감나게 구현하며, VR 게임과 훈련 프로그램에서의 몰입도를 혁신적으로 향상시킬 수 있다.



▲ **ErgoPulse 시스템 개요도.** 가상환경에서의 힘 피드백을 제공하는 ErgoPulse 시스템은 생체역학 시뮬레이션을 통해 관절 토크를 추정한다. 추정된 토크는 이후 ErgoPulse 시스템의 EMS(Electrical Muscle Stimulation)를 통해 전기 근육 자극으로 변환되어 사용자에게 사실감 있는 하체 근육감각을 전달한다.

'ErgoPulse'는 기존의 VR 하체 햅틱 피드백 기술이 가지고 있던 여러 한계를 극복하고자 개발되었다. 기존의 하체 햅틱 피드백 시스템은 대체로 크고, 설치가 번거로우며 사용자의 움직임에 제한하는 지상 고정 장치에 의존했다.

이러한 장치들은 다양한 표면 질감의 시뮬레이션에는 효과적이지만, 자유로운 사용자의 움직임을 크게 제약한다. 소형 액추에이터를 사용하는 시스템도 있지만 이들은 전체 하체에 걸친 광범위한 힘을 제공하는 데는 한계가 있다.

ErgoPulse 시스템은 기존 시스템의 단점을 보완해 생체역학 시뮬레이션과 개인화된 EMS를 결합하여 실시간으로 하체 관절에 필요한 토크(Torque)를 계산하고 전달한다.

\* 이 시스템은 두 가지 주요 부분으로 구성된다. ①**생체역학 시뮬레이션:** 이 부분은 오픈소스 생체역학 모델 OpenSim과 Nvidia PhysX 엔진을 결합하여 사용한다. 이를 통해 각 사용자의 하체 관절에 필요한 토크를 계산하며, 이는 Unity 플랫폼을 기반으로 작동한다. 계산된 토크는 각 관절에서 필요한 힘을 정확하게 반영하여 VR 환경에서의 물리적 상호작용을 실시간으로 구현한다.

②**전기근육자극(EMS)**: 계산된 토크는 EMS를 통해 근육 자극으로 변환된다. 각 사용자에게 맞춤형된 위치와 강도로 EMS를 조정하여, 사용자가 VR 환경에서 체험하는 다양한 힘을 정확하고 효과적으로 느낄 수 있도록 한다.

'ErgoPulse'은 사용자의 하체 움직임을 보다 자유롭게 하면서도 대규모의 힘을 효과적으로 전달할 수 있는 새로운 가능성을 열었다. 사용자들은 'ErgoPulse'가 제공하는 햅틱 피드백이 **기존의 EMS 기반 시스템보다 더 정확하고 현실감 있는 경험을 제공한다고** 평가했다.

이는 'ErgoPulse'가 **VR 환경에서의 실감 나는 상호작용을 제공하여 사용자의 몰입도를 크게 향상시킬 수 있음**을 시사한다.

또한, 'ErgoPulse'는 기존 시스템의 물리적 한계와 기술적 트레이드오프(Trade-off)를 극복한다. 이 시스템은 **가벼운 무게와 낮은 전력 사용, 그리고 즉각적인 반응성을 유지하면서도 사용자의 하체에 큰 규모의 힘을 제공할 수 있는 기술적 진보**를 이루었다.

김승준 교수는 "이번 연구 성과의 VR 기술은 일상생활, 훈련, 교육 등 다양한 분야에서 **더욱 실용적이고 효과적으로 활용될 수 있는 길**을 열었다"며 "ErgoPulse는 현실 세계에서 인간-로봇 상호작용을 위한 활용이 가능하여 **향후 산업 및 로봇틱스 분야로의 확장성이 기대된다**"고 말했다.

김승준 교수 연구팀은 2021년부터 GIST-매사추세츠공과대학(MIT) CSAIL 공동연구사업의 일환으로 VR 내 실감 제공을 위한 다양한 인터페이스 기술 개발과 멀티모달(Multi Modal) 기반 사용자 경험을 증진시키는 로봇틱스 기술 개발에 중점을 두고 연구를 진행하고 있다.

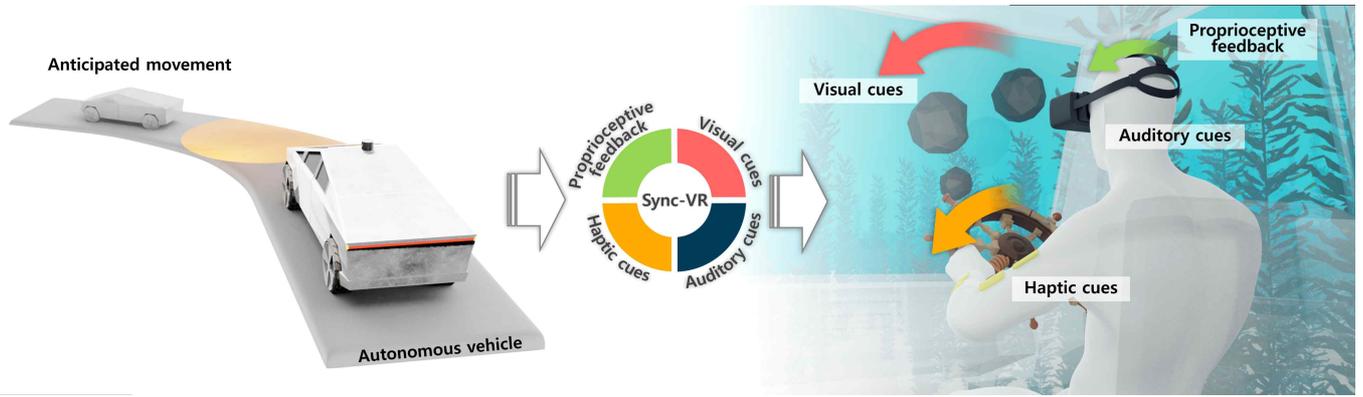
이번 연구는 2024년 인간중심 물리 시스템 설계를 위한 HCI + AI 융합연구(GIST-MIT 공동연구사업)와 인공지능 기반 메타버스 구현을 위한 융복합 문화 가상 스튜디오 사업의 지원을 받아 진행됐다.

**[논문2]** 김승준 교수 연구팀은 **자율주행 차량이 여행 중 승객의 편안함과 오락을 극대화하는 것을 새로운 도전과제로 삼고 혁신적인 가상현실 시스템 'SYNC-VR'을 제안하여 역시 'Honorable Mention'을 수상했다.**

급변하는 미래 모빌리티 속에서 기술 혁신은 우리가 여행을 경험하는 방식을 계속해서 변화시키고 있다. 자율주행 차량은 이 변화의 최전선에 있으며, 승객에게 운전과 무관한 다양한 활동에 몰두할 수 있는 자유를 제공한다.

'SYNC-VR'은 자율주행 차량의 승객이 자주 경험하는 멀미(motion sickness)를 해결하는 접근 방식으로 연구의 참신성을 높게 평가받았다.

'SYNC-VR'은 시각적, 촉각적, 청각적, 그리고 고유감각적 피드백을 실제 차량 움직임과 동기화하여 멀미 해결에 접근한다. 이러한 동기화는 승객들이 멀미를 느끼는 불편함 없이 몰입감 있는 VR 환경을 즐길 수 있게 돕는다.



▲ **SYNC-VR의 시스템 개형도.** 자율주행 차량 내에서 시각, 청각, 촉각, 고유감각 등 4가지 다른 감각 자극의 연동을 통해 몰입감 있는 경험과 멀미 저감 효과를 지원한다.

'SYNC-VR'은 다양한 감각 입력을 통합하여 자율주행 차량의 움직임을 기반으로 **실감 VR 경험을 제공하며, 시각적 단서, 고유감각 피드백, 촉각적 피드백, 청각적 단서 등 4개의 주요 기능이 특징이다.**

\* ▲ **시각적 단서:** VR 시스템은 차량의 움직임과 시각적 내용을 일치시켜, 시뮬레이션된 가상 세계가 실제 세계의 회전, 충돌, 가속을 반영하도록 한다. ▲ **고유감각 피드백:** 대화형 VR 시나리오는 차량의 움직임과 일치하는 신체 움직임이 필요한 활동에 승객들을 참여시킨다. 예를 들어, 갑작스러운 정지 시 시트에 몸을 받치게 하여 멀미를 감소시킨다. ▲ **촉각적 피드백:** 전기근육자극(EMS)을 사용하는 SYNC-VR은 가상 객체를 만지고 조작하는 감각을 시뮬레이션하는 촉각 피드백을 제공한다. 이 촉각 요소는 가상 세계에서의 존재감과 참여감을 강화할 수 있다. ▲ **청각적 단서:** VR 콘텐츠와 어울리는 몰입감 있는 오디오 효과를 사용하여 전반적인 감각 경험을 풍부하게 한다.

이번 연구에서는 실제 주행 상황과 같은 회전 및 가속, 울퉁불퉁한 도로(예, 과속 방지턱)와 일관성 없는 움직임(예, 일시 정지 후 출발)을 선정하여 **실제 도로 위 주행 상황에서 'SYNC-VR'의 효과를 검증하였다.**

김승준 교수는 "SYNC-VR은 여행 오락과 편안함을 크게 개선하는 미래 기술로서, 앞으로 자율주행 차량이 더욱 보편화됨에 따라 SYNC-VR과 같은 몰입 기술의 통합은 **차내 승객 경험을 재정의하는 데 중추적 역할을 할 것으로 기대된다**"고 밝혔다.

김승준 교수 연구팀은 2024 대한민국 과학축제에서 'SYNC-VR'의 체험 중심의 기술 개발 성과물을 선보이기도 했다.

'SYNC-VR' 연구는 2024년 인간중심 물리 시스템 설계를 위한 HCI + AI 융합연구 (GIST-MIT 공동연구사업), GIST AI기반 융합인재 양성 지원사업, 과학기술정보통신부의 인간중심 게임 인공지능 기초연구실 과제로부터 지원받아 진행되었다.

# 논문의 주요 정보

## [논문1]

### 1. 논문명, 저자정보

- 학회명 : Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)
  - \* 세계 최고 인간-컴퓨터 상호작용 학회(2024년 기준 h5-index=122 in Human Computer Interaction, Top 1)이며, 한국정보과학회 기준 최우수 학술대회
- 논문명 : ErgoPulse: Electrifying Your Lower Body With Biomechanical Simulation-based Electrical Muscle Stimulation Haptic System in Virtual Reality
- 저자 정보 : 황석현 연구원(제1저자, 융합기술학제학부), 오정석 박사과정생, 강성준 박사과정생, 성민우 박사과정생, Ahmed Elsharkawy 박사후연구원, 김승준 교수(교신저자, 융합기술학제학부)
- 논문링크: [doi.acm.org?doi=3613904.3642008](https://doi.acm.org?doi=3613904.3642008)

## [논문2]

### 1. 논문명, 저자정보

- 학회명 : Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)
  - \* 세계 최고 인간-컴퓨터 상호작용 학회(2024년 기준 h5-index=122 in Human Computer Interaction, Top 1)이며, 한국정보과학회 기준 최우수 학술대회
- 논문명 : SYNC-VR: Synchronizing Your Senses to Conquer Motion Sickness for Enriching In-Vehicle Virtual Reality
- 저자 정보 : Ahmed Elsharkawy 박사후연구원, Aya Ataya 연구원, 안은솔 석사과정생, 여도현 박사과정생, 황석현 연구원, 김승준 교수(교신저자, 융합기술학제학부)
- 논문링크: [doi.acm.org?doi=3613904.3642941](https://doi.acm.org?doi=3613904.3642941)