

“달리는 차 안에서 즐기는 4D VR... 열·바람·좌석 모션까지”

GIST, 차량의 기본 내장 시스템만으로 생생한 VR 경험 구현하는 플랫폼 개발

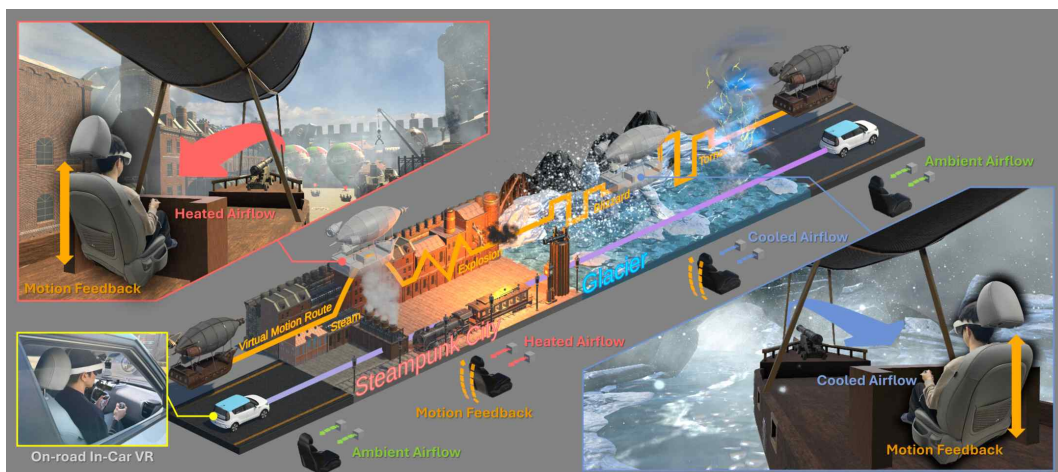
- AI융합학과 김승준 교수팀, 별도 장치 없이 열·바람·좌석 모션까지 동기화하는 차량 VR 플랫폼 '어트레카' 개발... 실제 주행 환경 검증으로 탑승자의 멀미 감소·몰입감·현존감 향상 확인
- 실시간으로 반응하는 바람·좌석 모션과 3~4초 안에 목표 온도 도달하는 좌석 히팅·쿨링으로 최적의 몰입·체감 효과 확인... 국제학술대회 'ACM UIST 2025' 및 'IEEE ISMAR 2025' 발표 및 3관왕



▲ (윗줄 왼쪽부터 시계방향) GIST AI융합학과 김승준 교수, 여도현 박사과정생, 김광빈 박사과정생, 오민우 석사과정생, Ahmed Elsharkawy 연구 조교수, 강성준 박사과정생, 김보천 석사과정생, 박정주 석사과정생

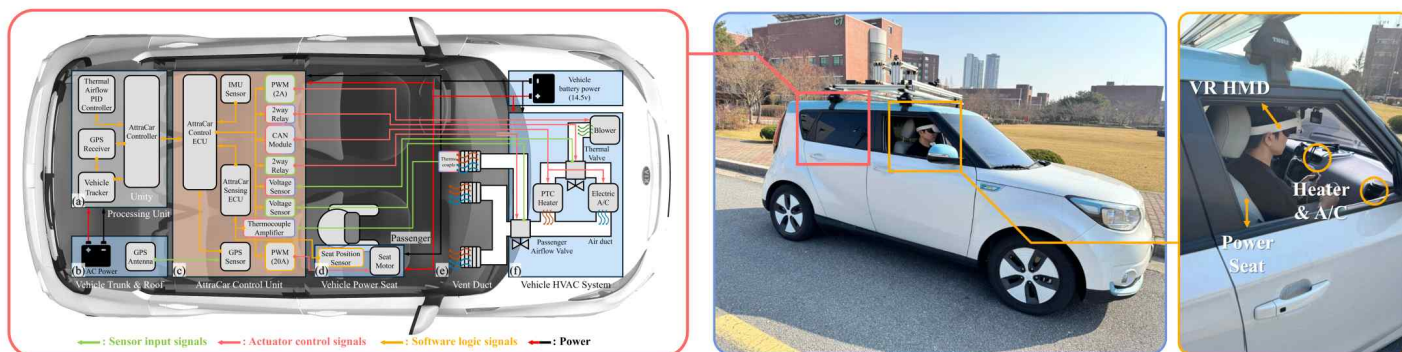
광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 **AI융합학과 김승준 교수 연구팀이 차량에 이미 내장된 시스템만으로도 가상현실(VR) 콘텐츠와 열(Heating/Cooling)·바람(Airflow)·좌석 모션(Seat Motion) 피드백을 정밀하게 동기화할 수 있는 차량 VR 플랫폼 '어트레카(Attracar)'를 개발했다고 밝혔다.**

'어트레카'는 별도의 착용형이나 외장형 장치 없이도 다감각 자극을 제공해 탑승객의 멀미를 줄이고, 몰입감과 현존감(존재감)을 높일 수 있는 것이 특징이다.



▲**Attracar' 플랫폼 기술 개요.** Attracar 내 탑승객은 VR 헤드셋을 착용하여 가상공간(스팀펍크 시티, 빙하지대)을 향유하고 차량 내 시스템을 통해 제공되는 열·바람·모션의 다감각 피드백을 경험하며 몰입감 높은 차량 VR을 경험한다.

연구팀은 이 플랫폼을 차량을 개조하지 않고 시스템에 통합해, 실제 주행(on-road) 환경에서 효과를 검증했다. 이를 통해 주행 중에도 안전하고 신뢰성 높은 차량 VR 사용자 경험을 구현할 수 있는 기반을 제시했다.



▲**'Attracar' 시스템 구성.** 차량 HVAC(공조) 시스템 및 파워시트 제어를 통해 열·바람·모션 피드백을 VR 시나리오와 동기화한다. (왼쪽) Attracar 제어 시스템 아키텍처. (오른쪽) Attracar 플랫폼 및 탑승객 모습.

연구팀은 먼저 차량 내 시스템을 다감각 피드백 장치로 활용할 수 있는지를 확인하기 위해, 바람 세기·온도(가열/냉각)·좌석 모션에 대한 '지각 임계값*'을 실험적으로 규명했다.

그 결과, 사용자는 바람 세기 약 0.34 m/s, 좌석 모션은 약 1.75 mm/s, 가열 온도 약 7.2 °C 냉방 온도 약 4.4 °C의 차이에서 변화를 분명히 인지하는 것으로 나타났다. 연구팀은 이 데이터를 바탕으로 상황별 자극 세기를 설계해 실제 주행 시나리오에 적용했다.

* **지각 임계값(Just Noticeable Difference, JND):** 사람의 감각이 두 자극 사이의 차이를 처음으로 감지할 수 있는 최소한의 변화량을 의미한다. 쉽게 말해, 일정한 자극 강도에서 "이 정도부터는 다르다고 느낄 수 있는 한계"를 나타내며, 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각 영역에서 적용된다.

이어 연구팀은 실제 주행 환경에서 바람 조건(없음/상온/열풍)과 좌석 모션 조건(없음/있음)을 조합한 6가지 조건에서 사용자 반응을 비교하는 실험을 수행했다.

그 결과, 바람과 좌석 모션 자극이 함께 제공될 때 멀미(SSQ)가 유의하게 감소하고, 존재감(IPQ)과 촉각 경험(HX)은 뚜렷하게 향상되는 효과를 보였다. 특히 '열풍 + 좌석 모션' 조건에서 가장 큰 상호작용 효과가 관찰됐다.

* 연구에서는 멀미(SSQ, Simulator Sickness Questionnaire), 존재감(IPQ, Igroup Presence Questionnaire), 촉각 경험(HX, Haptic Experience) 등 세 가지 지표를 활용해 사용자의 체감 반응을 평가했다. SSQ는 시뮬레이터나 가상 환경에서 나타나는 멀미 정도를 정량적으로 측정하는 설문 도구이며, IPQ는 사용자가 환경 속에서 느끼는 몰입감과 존재감을 평가한다. HX는 햅틱 자극에 대한 사용자의 촉각적 체감 경험을 반영하는 지표로, 세 가지 평가를 통해 주행 환경에서 다양한 자극이 사용자의 몰입과 편안함에 미치는 영향을 종합적으로 분석할 수 있다.

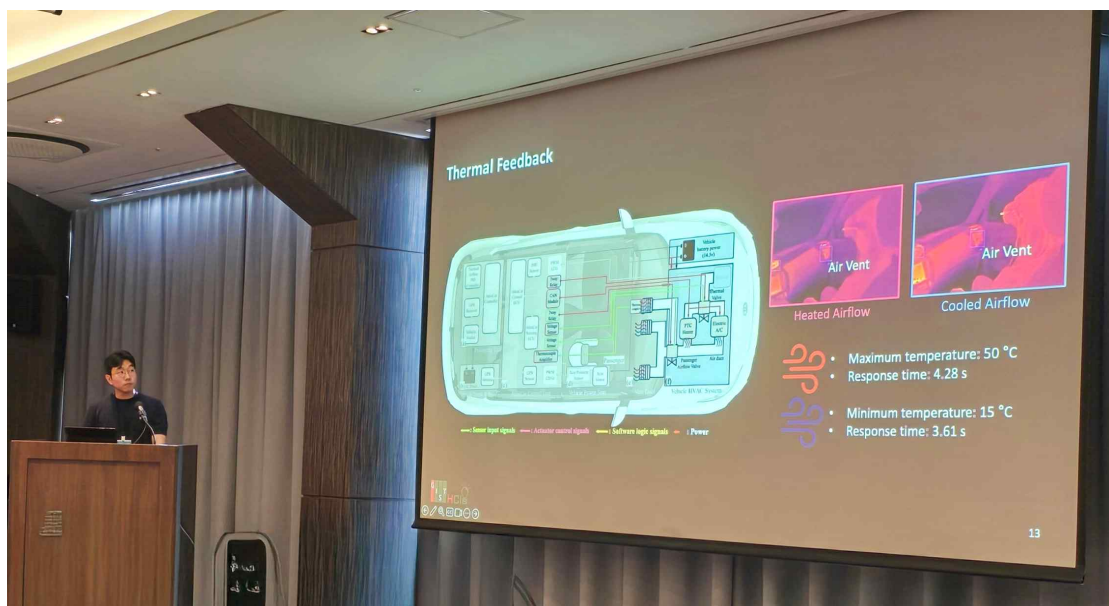
‘어트래카’ 플랫폼은 기술적 완성도 측면에서도 상용화 가능성을 입증했다. 바람과 좌석 모션 신호의 입력부터 반응까지 걸리는 지연 시간은 평균 약 60밀리초(ms, 0.06초)에 불과하며, 가열·냉각의 목표 온도 도달 시간도 각각 약 4.3초, 3.6초로 측정되어 화면 속 사건과 자연스럽게 동기화된다.

또한, 기존의 차량 제어 방식을 그대로 유지하면서 시스템을 통합해 안전 기준을 충족했고, 실제 차량에서도 안정적으로 작동함을 확인했다.

김승준 교수는 “차량에 이미 내장된 시스템만으로 탑승자에게 다중 감각 피드백을 제공할 수 있게 되어, 차량 내부에서도 더욱 몰입감 있고 생생한 VR 경험이 가능해졌다”며, “이번 연구는 차량 VR 기술의 활용 가능성과 사용자 경험 향상 효과를 체계적으로 입증한 사례”라고 밝혔다.

GIST AI융합학과 김승준 교수가 지도하고 여도현 박사과정생이 제1저자로 수행한 이번 연구는 한국연구재단 중견연구지원사업 및 해외우수연구기관 협력허브 구축사업과 정보통신기획평가원 대학ICT연구센터(ITRC)의 지원을 받았다.

연구 결과는 인간-컴퓨터 상호작용 분야 최고 권위 국제학술대회인 ‘ACM UIST(The ACM Symposium on User Interface Software & Technology) 2025’와 컴퓨터공학 분야의 대표 국제학술대회인 ‘IEEE ISMAR(International Symposium on Mixed and Augmented Reality) 2025’에서 이달 초 발표됐다.



▲ 김승준 교수님 연구팀이 ‘ACM UIST 2025’에서 ‘AttrCar’ 연구 성과를 발표하고 있다.

특히 ‘ACM UIST 2025’에서는 기술 시연 부문 ‘관객이 뽑은 최우수 시연상(People’s Choice Best Demo Award)’과 ‘시연 부문 우수상(Jury’s Choice Demo Honorable Mention)’을 동시에 수상했으며, ‘IEEE ISMAR 2025’에서도 ‘최우수 시연상(Best Demonstration Award)’를 수상하며 기술력과 실용성을 국제적으로 인정받았다.



▲ 김승준 교수님 연구팀이 'IEEE ISMAR 2025'에서 'Attracar' 데모 시연 및 연구에 대해 설명하고 있다.

한편 GIST는 이번 연구 성과가 학술적 의의와 함께 산업적 응용 가능성까지 고려한 것으로, 기술이전 관련 협의는 기술사업화센터(hgmoon@gist.ac.kr)를 통해 진행할 수 있다고 밝혔다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 학술대회명 : ACM User Interface Software and Technology (UIST)
(CS분야 최우수 학술대회)
- 논문명 : Attracar: Multisensory In-Car VR with Thermal, Airflow, and Motion Feedback through Built-In Vehicle Systems
- 저자 정보 : 여도현 (제1저자, GIST AI융합학과), 김광빈 (제2저자, GIST AI융합학과), 오민우 (제3저자, GIST AI융합학과), 박정주 (제4저자, GIST AI융합학과), 김보천 (제5저자, GIST AI융합학과), 강성준 (제6저자, GIST AI융합학과), Ahmed Elsharkawy (제7저자, GIST AI융합학과), 김승준 (교신저자, GIST AI융합학과)