

차량 도어딩 사고 예방을 위한 사용자 경험기반 실증 설계

(Empirical UX Framework for Preventing Vehicle Door-Ding Incidents)

윤경빈*, 윤봉식**

(Gyeong Bin Yun, Bong Shik Yun)

요약

본 연구는 도심에서 빈번히 발생하는 문콕 사고를 예방하기 위한 사용자경험(UX) 기반 실증 프레임워크를 제안한다. 이를 위해 설문·인터뷰 조사, 관련 법규 검토, 데이터 시뮬레이션, UX 시나리오 프로토타입을 활용하여 사용자의 스트레스 요인, 기술 수용성, 인지 반응을 분석하였다. 도어 개방 경고, 시각적 UI, 사용자 개입 유도 등 UX 시나리오의 효과는 AI 기반 실증 실험을 통해 검증되었다. 또한 한국·미국·일본의 주차구획 및 도어 개방 각도 비교 시뮬레이션을 수행하여 공간환경 차이가 사고 가능성에 미치는 영향을 확인하였다. 연구 결과는 향후 AI 기반 차량 내 사용자 맞춤형 경고 시스템 설계와 보험·정비·공유차 서비스 등 산업 분야의 UX 실증모델 개발에 기여가 가능할 것이다.

■ 중심어 : 문콕 사고 ; 사용자 경험 ; UX 시나리오 ; AI 기반 실증

Abstract

This study aims to develop an empirical user experience (UX) framework for preventing door-ding incidents in urban environments. The research integrates surveys, interviews, legal reviews, data-driven simulations, and UX scenario prototyping to examine user stress factors, technology acceptance, and cognitive responses. The effectiveness of proposed UX scenarios—such as door-opening alerts, visual interfaces, and user-engagement mechanisms—was validated through AI-based experimental testing. Additionally, SketchUp simulations comparing door-opening angles and parking space configurations in Korea, the United States, and Japan confirmed that spatial differences significantly affect accident probability. The findings provide foundational insights for designing AI-integrated in-vehicle warning systems and offer practical implications for UX-based applications in insurance, maintenance, and shared-mobility industries.

■ keywords : Door-ding accident ; User Experience, ; UX scenario ; AI-based validation

I. 서 론

도어 딩(door-ding) 사고는 차량 승·하차 시 문이 인접 차량에 접촉하여 외관 손상을 유발하는 사고 유형으로, 고밀도 도시 환경에서 빈번히 발생하는 대표적인 경미 사고이다. 이러한 사고는 단순한 외관 손상에 그치지 않고, 차량 소유자 간의 분쟁, 보험료 인상, 정비 비용 증가 등 사회

적·경제적 부담을 야기하며, 최근에는 주차장에서의 폭력 사건으로까지 이어지는 사례도 보고되고 있다[1,2].

특히 대형 SUV 보급 확대, 노후 건물 내 협소한 주차 공간, 주차장법 시행규칙 이전 기준에 따른 주차시설 유지 등 구조적 요인이 맞물리며, 문콕 사고의 발생 빈도와 피해 강도는 지속적으로 증가하고 있다. 국토교통부는 2019년 주차장

* 정희원, 남부대학교 기계공학과

** 정희원, 남부대학교 자동차기계공학과

본 과제(결과물)는 2025년도 교육부 및 광주광역시의 재원으로 광주RISE센터의 지원을 받아 수행된 지역혁신중심 대학지원체계(RISE)의 결과입니다.(2025-RISE-05-007)

접수일자 : 2025년 06월 23일

수정일자 : 2025년 11월 24일

제재 확정일 : 2025년 12월 01일

교신저자 : 윤봉식 e-mail : jscomi@nambu.ac.kr

법 시행규칙 개정을 통해 최소 주차구획 기준을 상향 조정했지만, 여전히 다수의 민간 및 노후 시설은 개정 전 규격을 유지하고 있어 실제 주차 간격은 비현실적으로 협소한 실정이다[1].

이러한 상황 속에서 도어 개방 센서, 360도 어라운드 뷰 시스템, 후측방 경고 장치 등 다양한 충돌 예방 기술들이 상용화되고 있으나, 이를 대부분은 후진 주차나 차량 간 거리 인식에 한정되고 실제 승하차 순간의 도어 충돌을 사전에 예방하기에는 한계를 지닌다[2,3]. 일부 연구에서는 근접 센서와 인공지능(AI)을 활용한 충돌 예측 모델을 제시하고 있으나[4-6], 이는 여전히 기술 중심의 일방향적 제어에 머물고 있다.

무엇보다 기준 대응 전략은 주로 공간 구조나 센서 기술 중심이며, 사용자의 인지와 행동, 기술 수용성 및 심리 반응을 고려한 UX(User Experience) 기반 다차원 분석은 상대적으로 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 문콕 사고를 단순한 하드웨어 결합이나 공간 문제로 축소하지 않고, 사용자의 행위 맥락과 인지 요인을 중심으로 사고 발생 조건을 통합 분석하며, 행동 유도 기반의 UX 전략을 통해 사고 예방의 실질적 효과를 검증하고자 한다.

이를 위해 시각·청각·햅틱 기반의 다중 모달 경고 시스템[3][7], 사용자 행동 패턴 기반의 개입 포인트 설정[9,10], AI 기반 근접 감지 기술의 실증적 활용 가능성[6][8][11] 등을 통합적으로 분석한다. 또한, 도어 열림 순간의 사용 환경을 재현한 UX 시나리오 실험을 통해, 차량 사용자 맞춤형 경고 시스템의 설계 방향성과 기술적 효과를 검증하고자 한다.

본 연구는 궁극적으로 차량 UX 설계와 교통 안전 기술의 접점을 탐색하며, 인간 중심의 자동차 환경 개선이라는 실무적 가치를 제안한다. 나아가 신차 개발, 공유차 서비스, 보험 및 정비 산업 등 다양한 분야에서의 실질적 적용 가능성을 제시하고자 한다[12].

II. 관련 연구

1. 국내외 관련 연구 고찰

차량 도어딩 사고(Door-ding Accident)는 좁은 주차공간, 차량 대형화, 운전자의 부주의 등이 복합적으로 작용하여 발생하는 대표적 경미 차량사고 유형이다. 그러나 기존 연구들은 주로 물리적 공간 구조나 기술적 예방 시스템에 국한되어 있으며, 사용자 경험(UX) 기반의 종합적 접근은 부족한 실정이다.

국내 연구에서는 주차 구획의 협소성과 도심내 불법 주정차 환경이 차량 간 충돌 위험을 증가시키는 요인으로 작용한다는 분석이 제시된 바 있다[9]. 또한 민원 데이터를 활용한 연구에서는 불편신고의 40% 이상이 주차 관련 항목이며, 이 중 다수가 문콕사고와 유사한 상황에서 발생하고 있다는 사실이 확인되었다[10].

해외 연구에서는 차량 간 거리 예측을 위한 센서 기술 개발이 활발히 진행되고 있으며, 도어 개방 순간의 충돌 위험 예측 및 시각화에 대한 실험적 접근도 등장하고 있다. 예컨대, Rosales et al.은 근접 차량의 거리와 개방 각도를 실시간으로 예측하는 시스템을 제안[5]하였고, Park et al.은 문콕사고 발생 빈도와 주차구획 폭 간의 상관관계를 실증적으로 분석하였다[12].

표 1. 연구 사례 분석

연구 사례	주요 내용	보완점
임상현 외 (2023) - 경미사고 분석	보험청구 기반 경미 사고 유형 분석	사용자 관점 UX 미반영
김혜진 외 (2022) - 균린환경 요인 분석	PM 및 주차사고의 환경적 요인 분석	도어딩 특정 분석 데이터 필요
박준상 외 (2022) - 불편신고 민원 통계	스마트 민원 데이터를 통한 불법주차 통계화	스트레스 및 사용자 관점 필요
Y. Park et al. (2020), IEEE	도시형 주차장 내 문콕빈도와 주차구획 간 상관관계 분석	기술 중심 성과 높음 행동 UX 관점 미포함
M. Lin & T. Yamamoto (2019), TR-F	일본 도심 주차장의 문콕 확률모델 설계	문화적 특수성, 실증 UX 미실시

이처럼 기존 연구들은 공간 설계와 기술 측면에서 도어딩 사고 예방을 다루었지만, 운전자의 인지적 특성, 스트레스 반응, 실제 예방 UX 설계

요인을 통합적으로 반영한 사례는 부재하다. 따라서 본 연구는 사용자 중심 UX 요소를 통합하여, 실제 사고 예방과 사용자 스트레스 저감을 동시에 달성할 수 있는 방향성을 제안하고자 한다.

2. 기술 트렌드 조사

가. 문콕 사고 예방 관련 기술

최근 자동차 산업은 도어 개방 중 발생하는 일명 ‘문콕 사고(Door Dings)’를 방지하기 위한 기술적 접근을 다각도로 시도하고 있다. 대표적으로 센서기반 도어 경고 시스템과 AI 예측 알고리즘, UX 시뮬레이션 기반 사용자 개입 기술, 그리고 공유차량 기반 파손 감지 시스템 등이 있다.

먼저, 도어 내장 센서와 근접 경고 시스템은 호주와 미국을 중심으로 도입되고 있다. ‘Exit Warning System’은 사이클리스트 접근 시 도어의 강제 개방을 방지하고, 시·청각적 경고를 통해 탑승자의 인지 및 행동을 유도한다. Bosch와 같은 선도 기업은 차량 도어에 근접 센서를 내장하고, ADAS 기술과 연계하여 경고 출력을 제공하는 고급형 시스템을 개발·탑재하고 있다[2,3].

AI 기반 기술로는 Rosales et al.(2021)이 발표한 연구가 주목된다. 해당 연구는 차량 내 광센서와 근접센서를 활용하여 도어 개방 각도를 실시간으로 예측하고, 인접 물체와의 충돌 가능성을 판단하는 시스템을 제안하였다. 실험 결과, 알고리즘은 높은 정확도로 사고 가능성을 경고할 수 있음을 입증하였다[4].

나. UX 시뮬레이션 및 실증 사례

UX 측면에서는 시나리오 기반 시뮬레이션 및 피드백 기법이 고급 브랜드 차량에서 시범적으로 도입되고 있다. 예를 들어 Audi는 HUD와 차량 앱 내 애니메이션 경고, 햅틱 반응 등을 통해 사용자의 행동을 사전에 제어하려는 UX 설계를 시도하고 있으며, 일부 내부 테스트에서는 사용자의 주의 전환과 반응 속도 향상 등의 긍정적

결과가 보고되었다[7].

AI 기반 실증 시스템도 활성화되고 있다. 인도 IJMA 학회에서 발표된 연구에서는 딥러닝 기반 영상 분석을 통해 차량 도어 개방 시 주변 객체와의 충돌 가능성을 실시간으로 감지하고 예방하는 기술을 제안하였다[6]. 또한, 유럽의 차량 공유 플랫폼 carvaloo, MyWheels 등은 사진 및 영상 기반 AI 분석으로 문콕을 포함한 파손 여부를 자동 판별하고, 사용자에게 즉시 알림을 제공하는 시스템을 상용화하였다. Ravin AI는 이러한 AI 감지 시스템을 활용해 수리비 추정 및 자동 리포팅 기능까지 제공하고 있다[8][11].

이상의 분석은 다음과 같은 시사점을 제공한다. 첫째, 센서 및 AI 기반 기술은 하드웨어 중심의 예방뿐 아니라 사용자 중심의 행동 개입과 결합될 때 효과성이 극대화된다. 둘째, UX 설계의 개입 시점과 시각, 청각, 햅틱 형식의 다양성이 안전성 향상에 기여할 수 있다. 셋째, AI 기반 실증 사례는 향후 차량-사용자 상호작용의 중요한 레퍼런스로 작용할 수 있으며, 본 연구는 이를 실제 UX 시나리오로 확장하여 실험적으로 검증하고자 한다.

표 2. 기술 시사점 분석 요약

기술 범주	국내·외 동향	시사점
센서 기반 예방시스템	차량 도어 센서 미리 센싱 시스템 등 일부 차량 탑재	일반 소비자 전용 UX 설계 확장 필요
자율 알고리즘	AI 기반 예측 및 충돌 방지 로직 연구 진행	문 개방 전 경고 외 사용자 행동 개입 단계 고려 필수
공유 플랫폼 실증	AI 손상 감지 시스템 운영 중, 파일럿 데이터 확보	사용자 피드백 기반 UX 개선 및 예방적 시스템 연동
UX 시뮬레이션	시뮬레이터 기반 사용자 테스트 소규모 진행	구조적 UX 실험 확대, 일반 운전자 대상 검증 강화

이러한 실증자료는 문콕사고가 단순히 물리적 환경의 문제가 아니라, 사용자의 주관적 인식, 스트레스 반응, 주차 시 행동 전략 부재와 밀접한 연관을 지니고 있음을 시사하며, 향후 UX 기반의 통합 설계 방향 설정에 중요한 기초자료로 활용될 수 있다.

III. 연구 방법 및 내용

1. 연구 목적

본 연구는 도어딩 사고를 유발하는 복합 요인을 사용자 중심 관점에서 분석하고, 이를 기반으로 효과적인 예방 UX 설계 방향을 도출하는 것을 목적으로 한다.

- (1) 국내 문콕사고 실태 및 통계 기반의 구조적 요인 정량분석
- (2) 운전자 스트레스 요인 및 사용자 인식 기반의 정성적 분석
- (3) 기술적, 공간적, 인지적 관점에서의 UX 설계 요인 통합 도출
- (4) UX 기반 문콕사고 예방 프레임워크 제안

표 3. 데이터 수집 항목

연구축	주요 내용	분석 방식	기대 효과
공간적 요인	주차장 규격, 차량 크기, 이용 밀도	주차규정 분석, 시뮬레이션	구조 개선 방향 도출
기술적 요인	센서, 경고 시스템, HMI 장치	사례조사, 기능 요건 분석	기술 디자인 요구 도출
인지적 요인	사용자의 인식, 반응 속도, 스트레스	설문조사, 전문가 인터뷰	행동 중심 UX 설계 근거 확보

2. 선행 연구와의 차별성

기존의 선행연구들은 도어딩사고를 주차 공간의 협소함이나 차량 크기의 증가와 같은 물리적 요인에 국한하여 분석하거나, 차량 탑재형 센서 기술의 기능적 한계에 초점을 맞추는 경향이 강했다. 이와 달리 본 연구는 도어딩 사고를 유발하는 공간적 요인, 기술적 요인, 인지적 요인 간의 상호작용을 사용자 경험(UX) 관점에서 통합적으로 분석함으로써, 단순한 사고 회피를 넘어 사용자의 스트레스 인식과 사고예방 행동을 유도하는 UX 설계 요인을 체계적으로 도출하고자 한다.

이러한 실증적 접근은 차량과 주차환경을 단순한 하드웨어 설계 대상으로 보지 않고, 사용자-환경-기술의 통합적 상호작용 구조로 이해하려는 시도로서 기존 연구와의 실질적인 차별점을 가질 수 있을 것이다.

표 4. 연구의 차별점

구분	기존 연구	본 연구의 접근
사고유형 이해	주차공간 부족 중심	사용자 스트레스, 행위 UX 기반 접근
기술 중심성	센서 기능 중심	인지-기술-공간 통합 UX 모델
정책 제언	법령·규격 개정 제언	기술+UX+정책 통합적 실행 제언

2. 연구 설계

가. 가설

도어딩사고의 발생을 단순한 기술·공간 요인이 아닌 사용자의 인지적 반응, 스트레스 요인, 환경적 구조의 복합작용으로 규정하고, 이에 대한 UX 기반 다차원적 설계 방안을 도출하는 데 목적이 있다. 이에 따라 다음과 같은 가설을 수립하고, 실증적 조사와 정성적 분석을 통해 이를 검증하였다.

표 5. 연구 가설

구분	내용
가설 1	주차공간 구조 개선은 운전자의 문콕사고 인식률과 스트레스 수준을 유의하게 감소시킬 것이다.
가설 2	차량 기술(센서, 시각 경고 등)의 적용은 문콕사고 예방에 대한 사용자 신뢰와 회피 행동을 향상시킬 것이다.
가설 3	사용자 인지 UX 요소(알림, 시각 안내, 주의 환기 등)는 도어 개방 시 사고 방지 행동을 유의하게 증가시킬 것이다.
가설 4	공간, 기술, 인지 UX 요소가 통합적으로 적용될 경우, 단일 요소 적용보다 사용자 만족도와 사고 예방 기대 수준이 더 높게 나타날 것이다.

나. 연구 설계

본 연구는 정량·정성 데이터를 혼합한 연구 설계를 기반으로 다음과 같은 방식으로 데이터를 수집하고 분석하였다.

표 6. 연구 설계 모형

구분	대상	주요 내용	분석 방법
정량조사 (설문조사)	광주지역 운전자 237명	5점 척도 기반 스트레스 요인, 인지 반응, 기술 수용성 측정	기술통계, 교차분석, 상관관계 분석
정성조사 (번구조화 인터뷰)	지역 정비업소 종사자 8인	문콕사고 빈도, 주요 원인, 사용자 행동 사례	개방형 질문 기반 내용 분석 (Content Analysis)
비교 모델링 (주차구획 시뮬레이션)	한국(2.5m), 미국(2.7m), 일본(2.5~6.0m)	차량 크기, 도어 개방 각도, 인접 차량 간 여유 거리 비교	SketchUp 및 수치 모델 기반 시뮬레이션
UX 시너리오 AI실증	1차: 일반 운전자 80명 2차: 동일 참가자 중 40명	인식 수준, 예방 경험, 기술 수용 의향 측정 시각 알림, 음성 경고, 사용자 개입 유도 등 UX 시험	5점 척도 기반 설문 통계, 기술통계 시뮬레이션 체험 실증 분석

UX디자인 및 차량공학 전문가 3인	나리오 체험
	UX 구성요소의 직관성, 기술 가능성, 사용자 개입 효과성 평가

이상의 설계는 기존 선행 연구[6][8]와 달리, 사용자의 감정 반응, 행동 유도, 인지 구조를 실질적으로 고려한 UX 기반의 통합적 접근을 통해 문콕사고 예방 가능성을 분석한다는 점에서 의의를 지닌다. 특히, 스트레스 기반 설문과 주차구획 구조의 통계 비교는 구조적 개선과 기술 개입이 사용자 반응에 미치는 영향을 실증적으로 규명할 수 있는 기반을 제공한다.

3. 연구 및 실험 내용

가. 운전자 스트레스 요인 조사

광주지역 운전자를 대상으로 2022년 8월~10월 간 조사한 스트레스요인 조사에 유효 응답자 237명 답변을 분석한 결과 승차, 하차, 승하차 복합, 주차 간 스트레스 상위 요인은 주차공간문제와 모두 연결되어 있고, 69%이상의 복수 응답자들이 축사고와 관련된 스트레스를 경험한 것으로 조사되었다.



그림 1. 승하차 및 주차 시 스트레스 요인 조사

위 조사결과를 스트레스 요인별 평균점수로 살펴보면 ‘주차공간 협소’와 ‘인접 차량과의 거리 부족’ 항목에서 가장 높은 반응을 볼 수 있다.

표 7. 운전자 스트레스의 요인별 지수 조사

스트레스 요인	평균 점수	표준편차
주차공간 협소	4.32	0.71
차량 간 거리 부족	4.19	0.79
도어 개방 시 불안감	3.95	0.84
주차 시 타인의 무관심	3.88	0.92
기술 부족(센서 미탑재)	3.47	1.02

나. 국내 도어딩 사고 빈도 조사

2024년 8월 조사한 광주광역시 소재 자동차정비업소 대상 사고 차량 중 월별 문콕 수리 비율은 업소별로 67~75%대로 조사되었다. 인터뷰조사결과 유사 수리 빈도가 가장 높은 영업소의 경우 월평균 150건 중 100건을 초과하며, 수리차량이 적은 영업소의 경우 70건 중 60건을 상회하는 것으로 조사되었다.

표 8. 주요 인터뷰 결과

구분	응답 내용
수리 빈도	수리 차량이 들어오면 거의 문콕 수리가 포함된 차량이다.
차량 스팩 상향	요즘 차량들은 폭이 커져서 예전보다 주차장 사고를 막기 어렵다.
보험 처리	보험처리는 보험료 할증 때문에 기피하고, 결국 감정 싸움만 남는다.

위의 대표적인 인터뷰 사례처럼 도어딩 사고는 물리적 구조 한계와 사회적 대처 방식의 부재, 그리고 사용자 간 갈등 요인이 복합적으로 얹혀 있다는 점이 드러났다.

다. 국내외 차량 및 주차장 스팩 분석 및 시뮬레이션 실험

카이즈유 데이터연구소에 따르면 중형 이상 부피가 큰 차량은 57.3%인 695만대로 좁은 주차장에서 발생할 사고와 민원의 원인이 크게 증가된 것으로 보고되었다[4].

2019년 개정된 주차장법 시행규칙 제3조에 따르면 주차장의 주차구획은 표 1과 같이 단위구획은 흰색 실선을 사용하며 경형자동차 전용주차구획은 파란색 실선으로 표시하도록 되어 있다. 또한 둘 이상의 연속된 주차단위구획의 총 너비 또는 총 길이는 제1항에 따른 주차단위구획의 너비 또는 길이에 주차단위구획의 개수를 곱한 것 이상이 되어야 한다.

표 9. 평행주차형식 기준

구분	너비	길이
경형	1.7m 이상	4.5m 이상
일반형	2.0m 이상	6.0m 이상
보도/차도 구분 없는 주거지역 도로	2.0m 이상	5.0m 이상
이륜자동차전용	1.0m 이상	2.3m 이상

표 10. 평행주차형식 외 기준

구분	너비	길이
정형	20m 이상	3.6m 이상
일반형	2.5m 이상	5.0m 이상
확장형	2.6m 이상	5.2m 이상
장애인전용	3.3m 이상	5.0m 이상
이륜자동차 전용	1.0m 이상	2.3m 이상

이는 일반형 주차장 너비 최소 기준이 20cm, 확장형 주차장 너비와 길이가 10cm씩 넓어진 것으로 이전 국내 규격인 2.3×5.0 m는 일본의 소형 차 주차구획과 비슷했고 개정 후 기준인 2.5×5.0 m는 미국의 2.7×5.5 m, 일본 개정기준인 2.5×6.0 m와 비교된다.

이를 SketchUp 기반 수치 모델링 분석 결과, 차량 평균 도어 길이가 80cm 이상인 중형차 기준으로 인접 차량 간 여유 공간이 20cm 이하일 경우 실제 도어 개방이 불가능하거나 100% 충돌이 예상되었다.

표 11. 주차구획 폭과 도어 개방 위험도 비교 모델링

국가	주차장 구획 폭	도어 여유 공간 (차량 2대 기준)	충돌 위험성
대한민국	2.5m	약 15~20cm	높음
미국	2.7m	약 35~40cm	낮음
일본 (도심 기준)	2.5~6.0m	25~50cm 이상	(구획 차등 운영)

이는 국토교통부의 현행 주차구획 기준이 현실적인 도어 개방 조건을 충족시키지 못함을 보여주며, 공간 구조 개선의 필요성을 뒷받침하는 증거라 할 수 있다[10].

라. 도어딩 사고 처리 방식 조사

현재 도어딩 사고는 보험처리나 합의금을 방식으로 처리되며 도어딩 가해 차량의 보험 여부에 따라 당사자 간 보험처리로 협의가 되면 보험사에 접수와 보상절차를 진행한다.



그림 2. 전체 사고유형별 사고 빈도

다만 도어딩 보험처리로 인한 보험료 할증요인으로 수리에 따른 합의금선에서 사건이 마무리되는 경우도 많다고 한다. 2018년 카이즈유 매거진에 따르면 도어딩사고관련 보험청구 건수는 2014년 2200건, 2015년 2600건, 2016년 3400건에 달했고 매년 증가세를 보였다. 공식적인 건수 외에 실제 발생 건수는 훨씬 더 많을 것으로 추측된다.

공공데이터포털의 2015~2022년 간 교통사고 통계자료 기준 사고유형별 사고 빈도는 그림3과 같이 다양한 유형으로 분류가 가능하며 이 중 본 연구와 관련된 주차와 관련된 사고유형은 11.9%에 이른다.

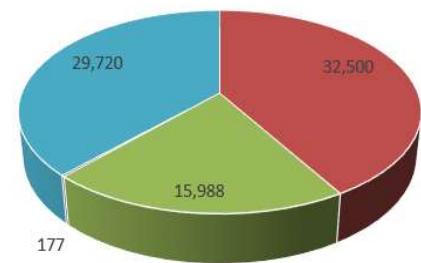


그림 3. 주차 중 사고유형별 사고 빈도

마. UX시나리오 기반 예비 실험

본 실험에서는 도어 개방 시 사용자에게 시각적·청각적 경고를 제공하고, 도어 개방 전 확인을 유도하는 UX 시나리오의 효과를 검증하기 위해 AI 시뮬레이션 기반 실험 설계를 실시하였다. 실험은 크게 두 가지 방식으로 구성되었다.

- (1) 사용자 대상 사전·사후 설문 비교 실험
- (2) 시나리오 기반 도어 개방 행동 반응 시뮬레이션



그림 4. 실증 시뮬레이터 UI

UX시나리오 기반 실증 시뮬레이터의 측정은 시각 경고, 청각 경고, 주의 환기 알림로 진행되며, 매 시나리오 정보에 버저를 누르는 방식으로 반응도를 측정하였다. 실험은 2024년 9월부터 10월 사이 지역 내 운전자 40명(남 22명, 여 18명)을 대상으로 진행되었다. 운전 경력은 3년 이상이며, 최근 1년 내 도어딩 사고를 경험한 응답자를 중심으로 모집하였다. 피실험자는 무작위로 대조군과 실험군으로 구분하였다.



그림 5. 시나리오 기반 반응 시뮬레이션 실험

실험 간 탐색 정보의 제어는 첫째 차량 도어 주변의 LED 조명 점멸을 통한 시각 정보, 둘째 도어 개방 주의 음성(TTS)를 통한 청각 경보, 셋째 도어 개방 시 차량 HUD 연동상황 알림 제공으로 진행되었다.

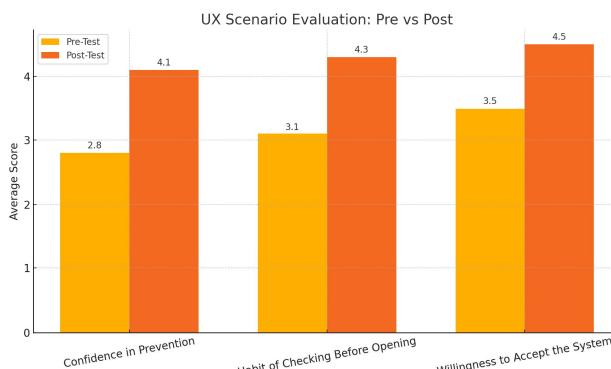


그림 6. UX 시나리오 예비 실증 평가 결과
이상의 도어딩 사고 예방을 위한 UX 시나리오

를 적용한 시뮬레이션과 사전·사후 설문 결과, 사고 예방 인식 및 행동 변화 기대 수준이 유의하게 상승하였다.

IV. UX 실증 프레임워크 제안

1. 연구 결과의 시사점

본 연구 과정을 통해 다음과 같은 주요 성과와 통찰을 도출할 수 있었다.

첫째, 운전자 스트레스 조사 결과, 전체 응답자의 69% 이상이 주차와 관련된 축사고로 인해 심리적 불편을 경험하고 있었으며, 특히 '협소한 주차공간'과 '인접 차량과의 거리 부족' 항목에서 높은 스트레스 반응을 보였다. 이는 단순한 인프라 문제를 넘어, 사용자의 인지 및 반응 과정에서 개선 여지가 큼을 시사한다.

둘째, 국내 정비업소와의 인터뷰 및 사고 통계 분석을 통해, 도어딩사고가 월평균 수십 건 이상 발생하는 빈번한 문제임에도 불구하고, 보험 청구 회피, 감정 충돌 등의 사회적 대응 부재가 악순환을 초래하고 있음을 확인했다.

셋째, 주차장 법규 및 차량 규격의 비교 시뮬레이션 결과, 중형 이상 차량이 다수를 차지하는 현재의 차량 구조에서 현행 주차구획 기준(2.5m)은 도어 개방 시 충분한 여유 공간을 확보하지 못하며, 실제 충돌 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다. 특히 한국의 경우, 차량 간 여유 공간이 15~20cm 수준에 불과해 실질적인 도어딩 사고 회피가 어렵다는 물리적 한계를 보였다.

넷째, UX 시나리오를 기반으로 구성한 가상 실험 및 설문조사 결과, 시스템 적용 전·후 인식 변화 수준이 뚜렷하게 개선되었다. 사고 예방에 대한 자신감은 평균 2.8점에서 4.1점으로, 도어 개방 전 확인 습관은 3.1점에서 4.3점으로 향상되었으며, 시스템 수용 의향 또한 1.0점 이상 증가하였다. 이는 사용자 중심 개입 방식의 유효성을 정량적으로 검증한 결과로 볼 수 있다.

이러한 결과들을 종합하면, 기존의 기술 중심적 접근 방식이나 물리적 주차 공간 확장만으로

는 도어딩사고 예방의 근본적 해법이 되지 못하며, 운전자의 인지 - 판단 - 행동을 고려한 UX 개입 중심의 실증 프레임워크가 요구를 알 수 있다. 이에 따라 본 연구 결과를 토대로 도어 개방 전후 인지 과정, 경고 알림 시스템, 행동 유도 장치, 반복 학습 구조를 아우르는 실질적이고 적용 가능한 UX 실증 프레임워크를 제안하고자 한다.

2. UX 실증 프레임워크 제안점

이번 연구는 기존 차량 중심 기술 기반 대응이 아닌, 사용자 중심(User-Centered) UX 개입 설계를 통해 행동 예방적 관점에서 도어딩 사고를 줄이기 위한 새로운 접근 방식을 제시하는데 목적을 둔 예비 실증 실험이었다.

이에 실제 도어 개방 전·후 사용자 인지 및 반응 과정을 단계화하고, 시각적·청각적 정보 제공과 사용자의 행동 결정 과정 간 연계를 강화하는 구조로 설계가 가능한 설계 프레임워크를 다음과 같이 구조화하였다.

프레임워크는 총 4단계로 구성되며, 각 단계는 사용자 경험 흐름(Perception-Decision Action -Feedback Loop)에 따라 구조화되었다.

표 12. UX 기반 도어딩사고 예방 설계 프레임워크

단계	설계 요소	적용 기술	기대 효과
1단계: 사전 인지	주변 차량 거리 인식 UI	근접센서, HUD, 모바일 연동	도어 개방 전 위험 인식 강화
2단계: 경고 및 유도	시각 및 음성 안내 (LED+음성)	차량 내장 디스플레이, TTS	시각·청각 기반 사용자 개입 유도
3단계: 행동 개입	도어 반자동 제한 모드	차량 잡금 연동, 앱 알림	부주의한 문 개방 차단
4단계: 피드백 및 학습	사고 발생 후 사용자 피드백 제공	HMI 인터페이스, AI 감지	반복적 행동 수정 유도 및 습관화

위의 사용자 중심의 안전 UX 설계 관점에서 도어딩 사고를 예방하기 위한 핵심 전략을 다음과 같이 세 가지로 도출이 가능하다.

첫째, 다중 모달 인터페이스(Multimodal UX) 전략을 통해 시각·청각·촉각 자극이 융합된 통합적 경고 시스템을 구현으로 시각적 UI 알림(예: HUD, 디스플레이)과 청각 피드백(경고음), 햅틱

진동(운전석/손잡이 진동)을 동시에 제공함으로써 다양한 감각 채널을 통해 사용자의 주의를 환기시키고 인지 반응을 유도할 수 있을 것이다.

둘째, 행동 트리거 중심 개입 전략은 사고 발생 가능성성이 높은 ‘행동 직전 시점’을 기준으로 기술 개입 설계가 가능할 것이다. 이는 전통적인 사후 경고 시스템과 달리, ‘인지 → 개입 → 학습’의 구조적 순환을 통해 사용자의 행동 변화를 유도할 수 있고, 장기적으로는 승하차 패턴의 개선 효과도 기대할 수 있다.

셋째, 사용자 맞춤형 UX 시나리오는 차량 이용자의 패턴, 연령대, 이용 시간대 등의 데이터를 기반으로 UX 시나리오를 자동 커스터마이징하는 방식이다.

예를 들어 고령 운전자의 경우 경고 시간을 길게 하고, 야간 운전 시에는 햅틱 및 조명 위주의 경고를 중심으로 설계하는 방식 등이 이에 해당한다. 이러한 전략은 향후 자동차 및 모빌리티 산업 전반에서 실무적으로 적용 가능한 가능성을 가진다. 이를 바탕으로 실무적 활용 방안은 다음과 같다.

표 13. 실즈 프레임 적용 분야별 소요 시나리오

적용 분야	기대 적용 시나리오
신차 개발	도어 UX 경고 설계 반영 및 탑재
공유차 플랫폼	이용자 행동 분석 기반 스마트 경고 도입
보험 및 정비 업계	도어딩 발생 사용 패턴 분석 및 리포팅 도구 개발

이와 같은 접근은 단순 경고를 넘어, 사고 예방을 위한 행동 기반 UX 설계로의 전환을 의미한다. 또한, 실증 기반 UX 시스템이 실제 사용자 행동에 미치는 영향을 정량·정성적으로 분석하고 개선해나가는 방향성을 제시하며, 궁극적으로는 차량 이용자의 안전성과 만족도를 함께 제고하는 데 기여할 수 있다.

V. 결언 및 향후 연구

본 연구는 도시 밀집 지역에서 빈번히 발생하는 도어딩사고를 단순한 주차 공간 부족이나 차량 크기의 문제로만 보지 않고, 사용자 인지와 행동, 환경, 기술 간 상호작용을 종합적으로 고려

한 UX 기반 실증 프레임워크를 구축하는 것을 핵심 목적으로 하였다. 특히 AI 기술을 활용한 다중적 사용자 반응 예측과 맞춤형 경고 시나리오 개발을 통해, 사고 예방을 위한 정량·정성적 실험 설계 구조를 제시하고자 하였다.

연구는 다중 방식의 실증 자료 수집을 기반으로, 정량적 설문조사, 정성 인터뷰, 주차 시뮬레이션, UX 시나리오 프로토타입 실험 등을 통합한 AI 기반 실증 체계를 설계하였다. 이를 통해 도출된 핵심 결과는 다음과 같다. 첫째, 도어딩사고의 주요 발생 시점은 차량 탑승 직전의 ‘문 개방 행동’이며, 이때 사용자의 인지 피로와 판단 오류가 사고를 유발하는 핵심 요소임이 밝혀졌다. 둘째, 기존 기술 중심의 경고 시스템은 이러한 ‘순간 행동’에 대한 인지적 개입이 부족하다는 한계가 있었다. 셋째, AI 기반 사용자 행동 예측과 시나리오 반응 평가를 결합함으로써, 위험 행동 트리거에 실시간 반응하는 다중 모달 인터페이스 설계 가능성을 확인하였다.

이러한 연구 결과는 다음과 같은 실증적 기여를 가진다. 첫째, 신차 개발 및 차량 UX 설계 초기 단계에서 AI-UX 통합 시뮬레이션 기반 설계 검토가 가능하며, 둘째, 차량 플랫폼에서는 이용자 유형에 따른 실시간 위험 예측 경고 알고리즘으로 확장될 수 있다. 셋째, 보험 및 차량 정비 업계에서는 사고 직전의 사용 패턴 기반의 리스크 평가 도구로 활용될 수 있으며, 향후 도시 주차장 규격 정책 수립을 위한 행동 기반 데이터로도 제공될 수 있다.

결론적으로, 본 연구는 AI 기반 실증 실험 프레임을 사용자 경험 디자인에 적용한 선도적 시도로, 기술 중심의 경고 시스템을 넘어 사고 예방의 인지적 설계로의 전환 가능성을 제시하였다. 후속 연구에서는 교통안전과 UX기반 인공지능 시스템 설계 분야로 확장된 사용자 중심의 스마트 안전 기술 개발과 도심형 차량의 UX 개선 실증 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- [1] 국토교통부, “주차장법 시행규칙 개정안 해설,” 대한건축사협회 자료집, 2020년 09월
- [2] NHTSA, “Blind Spot Detection and Door Opening Warning Systems,” U.S. Department of Transportation, 2020.
- [3] Bosch Mobility Solutions, “Exit Warning - Safety for all occupants,” 2021.
- [4] Rosales, A. et al., “Prediction of Door Opening Collisions in Urban Parking Using Proximity Sensors and AI,” Sensors, Vol. 21, No. 17, pp. 1 - 18, 2021.
- [5] Rosales, R. et al., “Design and Evaluation of a Proximity-based Car Door Accident Prevention System,” Sensors, Vol. 21, No. 6, pp. 1925 - 1934, 2021.
- [6] K. Ramesh et al., “Artificial Intelligence Based Car Door Accident Prevention,” International Journal of Modern Agriculture (IJMA), Vol. 10, No. 3, pp. 164 - 169, 2021.
- [7] Audi AG, “Predictive Safety Feedback with HUD and AR Technologies,” Technical Briefing Report, 2022.
- [8] carvaloo GmbH, “AI-Based Vehicle Damage Detection in Shared Mobility,” Technical Report, 2022.
- [9] 김혜진 외, “PM교통사고에 영향을 미치는 균린환경 요인분석: 로지스틱 회귀모형을 이용하여,” 대한교통학회지, 제40권 제2호, 205 - 217쪽, 2022년
- [10] 박준상 외, “불법 주정차에 영향을 미치는 도시환경 요인 분석: 서울시 스마트불편신고 민원자료를 중심으로,” 지역연구, 제38권 제3호, 3 - 17쪽, 2022년
- [11] Ravin AI, “AI Vehicle Inspection - Damage Detection and Cost Estimation,” 2023.
- [12] Park, Y. et al., “A Study on Parking Slot Width and Door Damage Frequency in Dense Urban Areas,” Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Vol. 85, pp. 256 - 267, 2023.

저자소개

**윤봉식(정회원)**

1998년 전북대학교 산업디자인학과
학사 졸업.
2000년 전북대학교 일반대학원 산업
디자인학과 석사 졸업.
2019년 전북대학교 일반대학원 디자
인 제조공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 데이터기반 디자인프로세스 관리,
UI/UX, 교육성과 분석, 산학융합연구>

**윤경빈(정회원)**

2021년 남부대학교 언어치료청각학과
학사 졸업.
2026년 남부대학교 기계공학과 석사
졸업 예정

<주관심분야 : 기계설계, 교육성과 분
석, 산학융합형 실증 연구>