

# Investigation of Touch Button Size and Touch Screen Position of IVIS in a Driving Context

Seong Yong Bae<sup>1</sup>, Min Chul Cha<sup>2</sup>, Sol Hee Yoon<sup>3</sup>, Seul Chan Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Systems Engineering, Gyeongsang National University, Jinju, 52828

<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722

<sup>3</sup>Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, 01811

## 주행 환경에서 터치 기반 IVIS의 터치버튼 크기와 터치스크린 위치에 대한 평가

배성용<sup>1</sup>, 차민철<sup>2</sup>, 윤솔희<sup>3</sup>, 이슬찬<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경상국립대학교 산업시스템공학부

<sup>2</sup>연세대학교 산업공학과

<sup>3</sup>서울과학기술대학교 안전공학과

### Corresponding Author

Seul Chan Lee

Department of Industrial and Systems

Engineering, Gyeongsang National

University, Jinju, 52828

Email : seulchan@gnu.ac.kr

Received : December 21, 2022

Revised : January 17, 2023

Accepted : February 13, 2023

**Objective:** The present study aims to investigate the effect of touch-button size and touchscreen position of in-vehicle information system (IVIS) on task performance, glance behavior and subjective workload.

**Background:** Touchscreen interface becomes popular in a driving context. Although touchscreen based IVIS has merits to provide more functions and information for drivers, previous studies pointed out that it can negatively affect driving behaviors and distractions.

**Method:** To achieve the research objective, we conducted a driving simulation experiment involving both driving and non-driving tasks. A 2×2 within-subject design with touch-button size (1cm, 1.5cm, 2cm) and touchscreen position (bottom, mid, top) was designed. We measured touch task performance, glance behaviors, and subjective workload while performing tasks in different task conditions.

**Results:** Overall, the result indicated that task performance increased, visual distraction and subjective workload were lower when touch-button size increases and touchscreen placed upward.

**Conclusion:** Design variables of touch user interface in a driving context should be carefully designed considering driving behaviors.

**Application:** The results in this study can provide insights into the design of touchscreen-based IVIS.

**Keywords:** In-Vehicle Information System (IVIS), Touch user interface, Touch button size, Touchscreen position

## 1. Introduction

차량 내 정보시스템(In-vehicle Information System; IVIS)은 네비게이션 시스템, 엔터테인먼트 시스템, 공조 시스템 등 각종 기능들을 통합하여 다양한 정보를 운전자에게 제공하는 시스템이다. 터치스크린 인터페이스는 터치 기반의 IVIS를 작동시키는 방법 중 직관적이고 자연스러운 방법 중 하나라고 받아들여지고 있다(Ma et al., 2018; Fleming, 2010; Kim et al., 2014a). 이러한 장점에 기반하여 터치스크린의 활용도는 증가하는 추세이며, 더욱 많은 정보 표시를 위해 터치스크린 화면의 크기는 점점 커지는 추세이다. 예를 들어 현대 제네시스 2023 GV80 (14.5"), 테슬라 2022 모델S(17"), 캐딜락 2023 에스컬레이드(38")와 같이 터치스크린의 크기가 커지고 있음을 알 수 있다. 향후 차량 내에서 더욱 다양한 비 주행 과업을 실시하게 될 것으로 예측되기 때문에 이러한 터치스크린 기반 IVIS 사용 또한 늘어나게 될 것으로 보인다.

하지만 이러한 기대와 달리 터치스크린의 사용 증가가 긍정적인 요소만 있는 것이 아니다. 차량 내 터치스크린의 크기가 증가하는 동시에 나타나는 정보의 양이 증가하면서 운전자가 주행 중 정보처리를 하는데 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 즉 터치스크린 크기의 증가는 운전자의 잠재적인 주의산만을 일으키는 주요 원인이며, 운전자 안전에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다고 보고된 바 있다(Harvey and Stanton, 2013). 또한 터치 기반의 IVIS의 사용은 차량 터치스크린을 보는 시간을 길게 만들고, 이에 따른 전방을 주시하는 회수는 줄어들어 운전 성능에 영향을 미치며 이는 운전 중 위험한 상황을 이끌어 낸다고 밝힌 바 있다(Aufflick, 2015; Bao et al., 2016). 실제로 교통사고로 인한 사망 사고의 많은 비중이 이러한 주의산만에 의한 것임이 미국 도로교통안전국(National Highway Traffic Safety Administration; NHTSA)에 의해 보고된 바 있다.

이러한 내용들을 종합해보면, 터치스크린에 기반한 IVIS는 많은 정보의 표현, 단순한 인터페이스 등의 이점이 존재하지만, 주행안전의 관점에서 주의분산으로 인한 위험 요소도 내재되어 있다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 보다 안전하게 터치스크린 기반의 IVIS 사용을 위해 인간공학적 관점에서 IVIS의 주요 설계 요소에 대한 평가를 실시하고자 한다. 특히 대형 터치스크린 기반 IVIS의 주요 설계 요소들 중에서 터치버튼 크기와 터치스크린 위치가 운전자에 미치는 영향을 주행 시뮬레이션 기반 사용자 실험을 통해 살펴보고자 한다.

### 1.1 Touch-button size

터치 입력 기반의 사용자 인터페이스가 적극적으로 도입되면서 인간공학적 관점에서 다양한 터치 인터페이스 설계 요소들에 대해 이 스마트폰(Lee et al., 2019a), 태블릿 PC(Kim et al., 2014b), 차량 내 IVIS(Lee et al., 2019b; Lee et al., 2020) 등에서 연구되어 왔다. 터치버튼은 안전 문제와 밀접한 관련이 있는 중요한 설계 요소 중 하나라고 밝혀진 바 있으며 특히 터치버튼 최적 크기에 대한 연구가 다수 이루어졌다(Pfauth and Priest, 1981). 기존 연구 결과에 따르면 일반적으로 터치 버튼은 14.4mm 이상으로 설계되어야 함을 추천하였으나, 17.5mm보다 이상인 경우에는 과업 성공 시간이나 선호도 측면에서 유의미한 차이가 없었다고 밝힌 바 있다(Kim et al., 2014a; Liu et al., 2022). 하지만 실제 터치스크린을 적극 도입하고 있는 대표적인 차종인 테슬라 모델 3의 경우 터치스크린 버튼 중 쿵 컨트롤 메뉴의 오토하이빔 버튼, 주요 아이콘의 버튼 등이 기존 연구에서 추천하고 있는 버튼 크기에 벗어난 크기로 설계되어 있음을 확인할 수 있었다. 즉 주행안전 관점에서 터치버튼 최적 크기에 대해서는 아직 더 많은 연구가 필요하다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 기존의 많은 연구에서는 터치스크린의 전체 영역을 활용한 과업에 기반하여 결론을 내린 것이 아닌 일부 영역에서 터치 과업을 실시하여 결과를 도출하였다(Kim et al., 2014a; Feng et al., 2018). 하지만 실제 시스템들의 경우 터치스크린 영역 전체에서 터치버튼을 활용하기 때문에 실제 상황에 부합하는 환경에서 터치 버튼의 크기의 변화가 운전자에게 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다.

### 1.2 Touchscreen position

차량 내 터치스크린 위치에 관한 기존 연구에 따르면 차량 내 센터페시아나 대시보드 위로 디스플레이가 위치해 있을수록 운전자의 주행 과업에 부정적인 영향을 덜 미친다고 확인된 바 있다(Wittmann et al., 2006). 뿐만 아니라 차량 내 터치스크린 위치에 따른 영향력은 수직적인 위치 차이에 따라 그 영향력이 크게 나타난다는 것을 밝힌 바 있다(Fuller et al., 2008; Ma et al., 2017). 하지만 최근 출시되는 현대 2023 그랜저 GN7 뿐만 아니라 랜드로버 2023 레인지로버 벨라, 메르세데스-벤츠 2023 S클래스 차량 등의 터치스크린 위

치를 보면 센터페시아나 대시보드가 아닌 다른 위치에서도 터치스크린을 사용하고 있는 것을 확인할 수 있다. 즉 차량 내 IVIS를 위한 최적의 터치스크린 위치에 대한 고려가 온전히 되고 있지 않다는 것이며, 터치스크린의 수직적인 위치와 거리에 따른 차이가 운전자에게 어떤 영향을 미치는지에 대한 연구가 필요하다.

### 1.3 Research objective

본 연구에서는 이러한 배경에 따라 터치 버튼의 크기와 터치스크린 위치가 운전자에게 어떤 영향을 미칠 수 있는지를 인간공학적 관점에서 탐색하고 이에 대한 가이드라인을 제시하는 것을 목표로 한다.

이를 위해 기존 연구와 같이 터치 디스플레이의 일부만 터치하는 것이 아닌 디스플레이 전체 영역을 활용하여 실제 차량의 터치 디스플레이를 사용하는 환경에 부합하도록 설계하였다. 또한 실제 차량에서 확인해 보았을 때 터치 디스플레이에서 흔히 사용하고 있는 버튼 크기지만, 실험 조건으로 사용하지 않은 터치버튼 크기(1cm, 1.5cm, 2cm)를 이용하여 터치스크린 위치(하단, 중단, 상단)에 따라 운전자의 과업 수행도, 시선 분산, 주관적 작업부하에 어떤 영향을 미치는지 평가하였다(Kim et al., 2014a; Feng et al., 2018; Liu et al., 2022). 해당 연구 목표 달성을 위해 다음과 같은 연구 질문과 가설을 수립하였다.

RQ: 차량 내 IVIS 터치스크린 내 터치버튼 크기와 터치스크린 위치 차이는 운전자의 주행안전에 어떠한 영향을 미칠 것인가?

- H1-1) 터치버튼 크기가 커질수록 터치스크린의 사용성이 좋아질 것이다
- H1-2) 터치버튼 크기가 커질수록 시선이 IVIS 내에 머무는 시간이 감소할 것이다
- H1-3) 터치버튼 크기가 커질수록 주관적 작업부하가 낮아질 것이다
- H2-1) 터치스크린 위치가 상단으로 배치될수록 터치스크린의 사용성이 좋아질 것이다
- H2-2) 터치스크린 위치가 상단으로 배치될수록 IVIS 내에 머무는 시간이 감소할 것이다
- H2-3) 터치스크린 위치가 상단으로 배치될수록 주관적 작업부하가 낮아질 것이다

## 2. Method

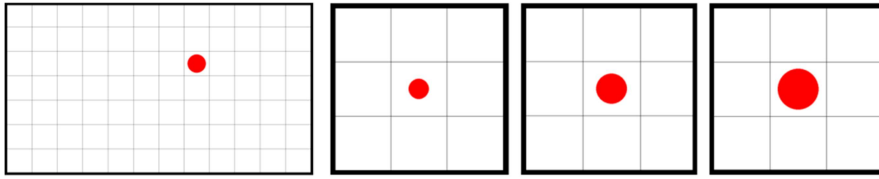
### 2.1 Participants

실험에는 운전면허를 보유하고 6개월 이상의 실제 운전 경험이 있는 운전자 총 21명이 모집되었다(mean=22.4 years, sd=8.05 years). 주행 시뮬레이션 환경에서 시선 분산 데이터 수집이 함께 이루어졌기 때문에 안경을 착용하지 않은 피험자만을 모집하였다. 실험 참가자들은 총 1시간 내외의 실험에 참가하였고 1만원의 보상을 지급받았다.

### 2.2 Experimental design

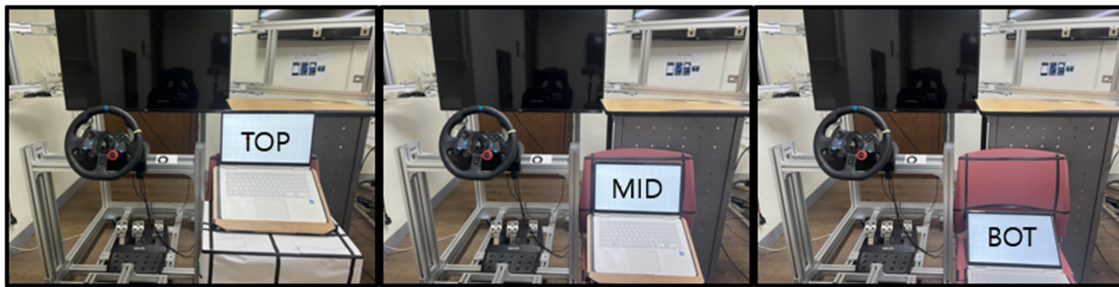
#### 2.2.1 Independent variables

본 연구에서는 2요인(터치버튼 크기 × 터치스크린 위치) 피험자 내 설계를 통해 터치스크린 내 터치버튼 크기와 터치스크린의 위치 변화가 운전자의 주행안전에 어떤 영향을 미치는지 확인하였다. 이를 위한 IVIS 과업은 터치스크린 기반의 과업 프로토타입을 활용하였으며, 주행 중 터치스크린 전 영역에서 나타난 버튼을 터치하는 과업을 진행하였다. 터치 IVIS 과업을 위한 사용자 인터페이스는 가로 12줄, 세로 7줄(총 84격자)로 나누어져 있으며 격자의 크기는 모든 조건에서 같았다. 기존 터치버튼 연구에서 다루었던 크기를 제외하고 기존 차량에서 터치 버튼 중 작은 버튼으로 많이 사용하고 있는 1cm를 작은 크기로 정의하였다(Feng et al., 2018; Liu et al., 2022; Kim et al., 2014a). 그리고 2cm인 경우 사용자의 수행도에 있어서 최적의 성능을 낼 수 있으므로 2cm를 큰 크기로 정의하였다(Colle and Hiszem, 2004). 마지막으로 1cm와 2cm의 평균인 1.5cm를 중간 크기로 정의하여 터치 버튼은 1cm, 1.5cm, 2cm 총 3가지 크기의 원이 나타나도록 하였다(Figure 1).



**Figure 1.** IVIS prototype and touch-button sizes (1cm, 1.5cm, 2cm)

터치스크린 위치는 3가지 수준으로 설계하였는데, Figure 2에 보이는 것처럼 운전대 오른쪽 상단(TOP), 중단(MID), 하단(BOT)에 터치스크린의 위치를 정의하였다. 이는 현재 터치스크린을 사용하는 차량 중 현대 제네시스 GV80, 랜드로버 레인지로버 벨라, 현대 그랜저 GN7을 참고하였다. 현대 2023 그랜저 GN7, 제네시스 2023 GV80와 같이 송풍구보다 위에 디스플레이가 위치한 경우를 상단 위치로 정의하였고, 랜드로버 레인지로버 벨라와 같이 디스플레이가 송풍구 보다 아래이면서 운전대의 하단부분에 디스플레이가 위치한 경우를 중단으로 위치를 정의하였다. 마지막으로 랜드로버 레인지로버 벨라처럼 터치스크린의 위치가 차량의 기어 레버 위치에 있는 경우 하단으로 위치를 정의하였다. 본 연구에서 이어지는 느낌을 주도록 디스플레이 위치가 겹치지 않도록 실험 환경을 구축했다(Figure 2).



**Figure 2.** Touchscreen position

### 2.2.2 Dependent variables

터치 IVIS 과업을 수행하는 맥락에서 주행안전을 평가하기 위해 종속 변수로 과업 수행도(Task performance), 시선 분산(Visual distraction), 주관적 작업부하(Subjective workload)를 측정하였다(Table 1). 과업 수행도를 알아보기 위해 성공률(Success rate; SR)과 과업 성공시간(Task completion time; TCT)을 측정하여 사용하였다. 과업 성공시간은 주행 중 터치스크린을 터치할 때마다 소요된 시간을 의미하며, SR은 터치 버튼을 터치하는데 성공한 확률을 의미한다. 시선 분산을 알아보기 위해 세 가지 지표를 사용하여 측정하였다. 주행 중 터치스크린을 터치할 때 전방에서 시선이 벗어난 총 시간(Total eye-off-road time; TEORT), 전방에서 시선이 벗어난 평균 시간(Average eye-off-road time; AEORT), 주행 중 터치스크린 내 발생한 초점의 수(Number of fixation; NF)를 측정하였다. 주관적 작업 부하를 평가할 수 있는 NASA-TLX을 사용하여 6가지 평가항목(정신적 요구 정도(Mental Demand), 신체적 요구 정도(Physical Demand), 시간적 요구 정도(Temporal Demand), 수행도(Performance), 노력(Effort), 당혹감(Frustration))을 측정하였다.

**Table 1.** Dependent variables

	Measures	Description
Task performance	Success rate (SR)	• Touch success rate
	Task completion time (TCT)	• Time for performing an IVIS task

**Table 1.** Dependent variables (Continued)

	Measures	Description
Visual distraction	Total eye-off-road time (TEORT)	• Total glance duration time of all glances away from the front driving context
	Average eye-off-road time (AEORT)	• Average duration time of each glance to the touchscreen area for performing IVIS task
	Number of fixation (NF)	• Count of fixation to an area of interest
Subjective workload	NASA-TLX (Task load index)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Subjective workload evaluation</li> <li>• Six factors: Mental demand, Physical demand, Temporal demand, Effort, Driving performance</li> </ul>

### 2.3 Apparatus and experimental setting

Figure 3은 실험 환경을 보여준다. 운전 좌석은 주행 시뮬레이션 게임용 시트를 활용하였으며 자체 제작한 프레임을 활용하여 위치를 앞뒤로 조절하여 참가자의 신체(키)나 선호에 맞게 조절할 수 있도록 하였다. 주행 과업에 필요한 운전대와 페달은 Logitech G29 Racing Wheel을 사용하였다. 주행 환경은 PC 게임 플랫폼인 스팀의 게임인 City Car Driving을 사용하여 구현하였다. 주행 과업을 위한 정면의 모니터는 LG 전자의 50인치 모니터를 사용하였으며, 비 주행 과업을 위한 터치스크린은 삼성노트북 15인치 제품을 이용하였다. 터치 과업은 파이썬을 통해 자체 제작한 소프트웨어를 사용하였다. 시선 분산지표를 측정하기 위해 Tobii사의 Tobii Pro Glasses 3제품과 분석하기 위한 Tobii Pro Lab 소프트웨어를 사용하였다.

**Figure 3.** Experimental setting

### 2.4 Procedure and task

전반적인 실험순서는 Figure 4에서 설명하는 바와 같다. 실험하기 전 실험에 대한 정보를 듣고 난 뒤 실험참여에 동의하는 경우 연구 동의서에 사인하였고, 인구 통계학적 설문과 맞춰 설문 조사지를 작성하였다. 그 후 시선추적장비를 착용하여 운전 시뮬레이터 조작법에 익숙해지기 위해 10분 가량 연습하는 시간을 가졌다. 3가지 터치버튼 크기와 3가지 터치스크린 위치 총 9가지 조건을 무작위 순서로 진행하였다. 터치스크린 위치나 터치버튼 크기는 연구자가 실험 조건에 맞게 세팅해 주었다. 본 실험에 들어가기 전에 항상 시선추적장비의 초점을 맞추는 작업을 진행하였으며 각 조건의 실험이 끝난 즉시 NASA-TLX 설문 조사지를 작성하였다.

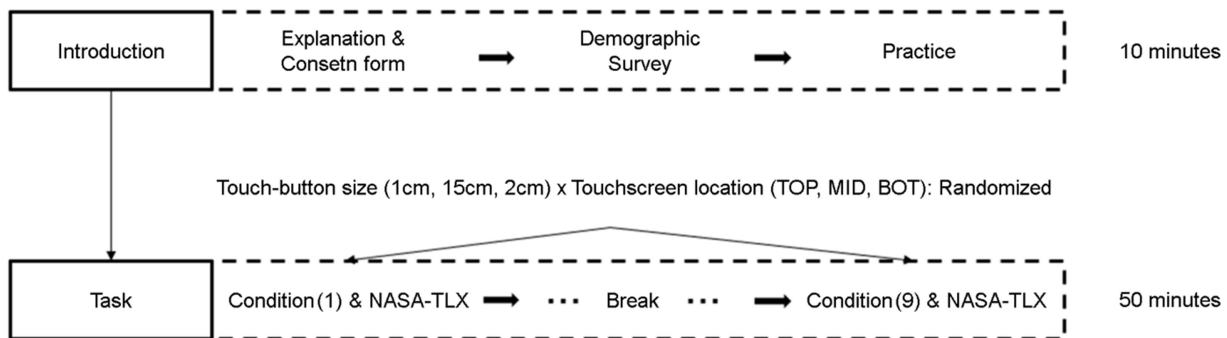


Figure 4. Experimental procedure

참가자들에게 실제 주행과 마찬가지로 주행안전을 최우선시 하도록 요청하였는데, 이 때 안전하게 운전을 실시하는 것은 주어진 주행 도로에서 2차선 내 가운데 위치를 70km/h의 속력으로 일정하게 유지하는 것을 의미하였다. 비 주행은 IVIS 용 터치스크린에 제시되는 터치 버튼은 터치하는 것이었다. 주행 과업이 시작되고 일정 시간이 지난 후부터 터치스크린의 무작위 위치에 빨간색 버튼이 나타났다. 버튼이 새로 제시되면 비프음을 통해 피험자에게 알려주었다. 피험자들은 주행안전을 최우선시 하면서 가능한 한 빠르게 빨간색 터치 버튼을 터치하는 것을 함께 요청받았다. 참가자가 터치에 성공하게 되면 즉시 터치 버튼은 사라졌으며 3초 후 새로운 터치 버튼이 무작위의 위치에 다시 제시되었다. 만일 정확하게 터치를 성공하지 못한 경우에는 터치 버튼이 사라지지 않았으며 참가자가 터치를 성공할 때까지 그대로 사라지지 않고 머물러 있었다. 9가지 조건 마다 총 31번의 터치 버튼이 제시되었다. 본 연구는 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후 실험을 진행하였다.

## 2.5 Data collection and analysis

과업 수행도를 알아보기 위해 SR과 TCT를 측정하였다. SR은 한 번에 터치에 성공한 회수를 터치한 총 회수로 나누어 계산하여 구했다. 터치 버튼은 터치스크린 전체 영역을 그리드로 나눈 후 그리드 영역들에 무작위로 제시하였기 때문에 터치스크린 전체 영역 별 SR을 구할 수 있었다. TCT는 비 주행 과업 시 모든 조건에서 터치 버튼이 나타나고 참가자가 터치 성공하기까지 측정하였다. 조건 별로 총 31회의 터치 과업이 제시되었는데 첫 번째는 주행 도로 진입 등의 준비시간이 포함되어 있어 결과 분석에는 제외하였다.

TEORT는 주행 중 참가자가 전방에서 시선이 벗어나 터치스크린을 바라본 총 시간이며, AEORT는 터치스크린을 한 번 바라볼 때 머문 시간이다. NF는 주행 중 참가자가 터치스크린을 바라보았을 때 시선이 움직일 때마다 발생한 NF를 구한 값이다. 각 터치스크린 위치 조건에 대한 주관적 작업부하 데이터는 NASA-TLX를 통해 수집하였으며 6가지 지표를 종합적으로 합한 값을 사용하였다.

모든 데이터는 MS Excel을 사용하여 통계 분석에 알맞은 형태로 변환하였으며, 실험 결과에 대한 데이터 분석은 SPSS Statistics V25 사용하였다. 실험 변수의 효과 검정을 위해 반복측정 분산분석을 통해 모든 데이터를 분석하였다. 구형성은 Mauchly를 통해 확인하였으며 유의하지 않은 경우 Greenhouse – Geisser 기법을 통해 수정한 결과를 사용하였다. 유의수준은  $p < 0.05$ 로 설정하였고, 분산분석에서 유의미한 결과가 확인되면 Bonferroni 검정을 사용하여 사후 검정을 실시하였다.

## 3. Results

Table 2는 반복측정 분산분석을 수행하여 터치버튼 크기와 터치스크린 위치가 SR, TCT, TEORT, AEORT, NF, NASA-TLX에 미치는 결과를 나타낸 표이며 사후 검정의 결과는 각 지표들의 결과 표에 별도로 나타났다.

**Table 2.** Result of two-way repeated measure ANOVA of dependent variables

DV	Variables	df	<i>F</i>	<i>p</i>	$\eta^2$
SR	Touch-button sizes	2	47.15	<0.001***	0.74
	Touchscreen position	2	2.29	0.12	0.12
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	0.56	0.69	0.03
TCT	Touch-button sizes	2	10.11	<0.001***	0.37
	Touchscreen position	2	33.36	<0.001***	0.66
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	0.83	0.51	0.05
TEORT	Touch-button sizes	2	6.81	<0.05*	0.30
	Touchscreen position	2	54.48	<0.001***	0.77
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	0.16	0.96	0.10
AEORT	Touch-button sizes	2	3.02	0.06	0.16
	Touchscreen position	2	16.74	<0.001***	0.51
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	1.70	0.16	0.10
NF	Touch-button sizes	2	16.91	<0.001***	0.51
	Touchscreen position	2	14.37	<0.001***	0.47
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	3.04	<0.05*	0.16
NASA-TLX	Touch-button sizes	2	11.63	<0.001***	0.38
	Touchscreen position	2	5.17	<0.05*	0.21
	Touch-button sizes $\times$ Touchscreen position	4	0.64	0.64	0.32

\*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ , \*\*\*,  $p < 0.001$

### 3.1 Task performance

#### 3.1.1 Success rate (SR)

Figure 5은 총 9가지 조건에 대한 SR이다. 터치버튼 크기가 1cm일 때, 터치스크린의 위치와 관련 없이 다른 터치버튼 크기에 비해 SR이 낮은 것을 확인할 수 있었다. 터치버튼 크기가 커질수록 SR이 좋아지는 것을 확인할 수 있었고 특히, 터치버튼 크기가 2cm이고 터치스크린 위치가 하단일 때 다른 조건들에 비해 SR이 높은 것을 확인할 수 있었다. 하지만 터치스크린 위치에 따른 SR은 차이가 없음을 확인할 수 있었다.

Figure 6은 SR에 대한 반복측정 분산분석결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치 버튼의 크기가 커질수록 SR은 1cm: 84.87%, 1.5cm: 94.41%, 2cm: 98.00%로 나타났으며 유의하게 증가하였다( $F(2, 34)=47.15$ ,  $p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해 모든 터치버튼 크기 사이에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 3).

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 SR은 하단: 93.53%, 중단: 92.23%, 상단: 91.52%로 나타났으며 유의하지 않았다( $F(2, 34)=2.29$ ,  $p = .18$ ). 터치버튼 크기와 터치스크린 위치의 상호작용 효과 또한 유의하지 않았음을 확인할 수 있었다( $F(4, 68)=0.56$ ,  $p = .69$ ).



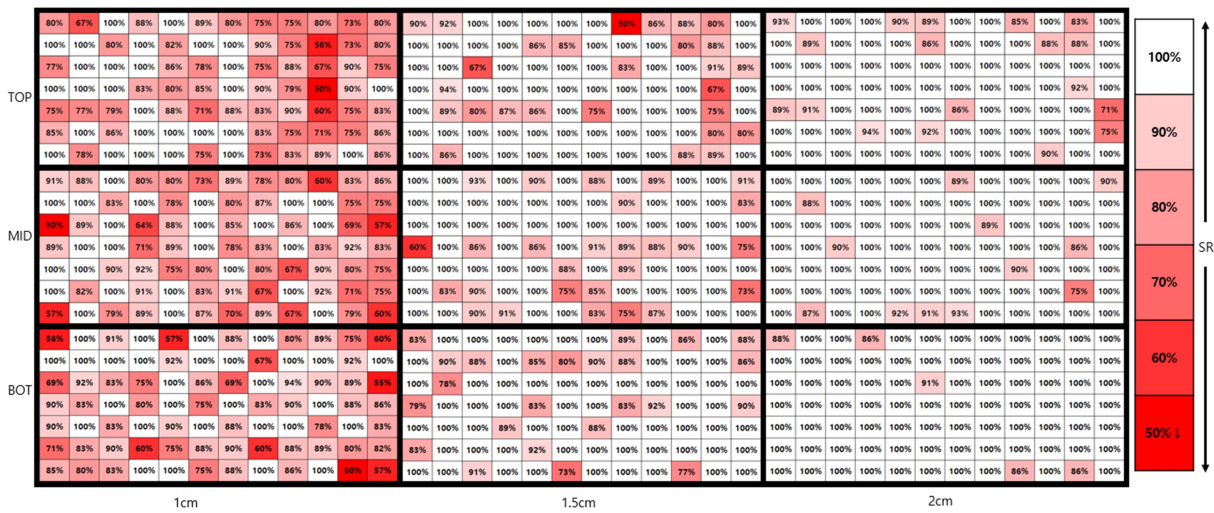


Figure 5. SR of each for conditions

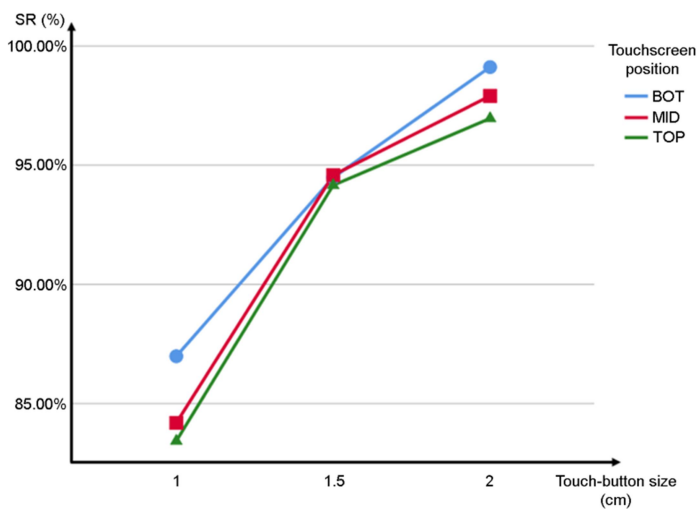


Figure 6. SR for touch-Button size and touchscreen position

Table 3. Bonferroni post-hoc test results for SR

	Touch-button size		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
Success rate (%)	1cm	1.5cm	-9.54***
	1cm	2cm	-13.127***
	1.5cm	2cm	-3.586***

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ 

### 3.1.2 Time completion time (TCT)

Figure 7은 TCT에 대한 결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치버튼 크기가 커질수록 TCT는 1cm: 1.69s, 1.5cm: 1.63s, 2cm: 1.57s로 나



타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 34)=10.11, p < 0.05$ ). 사후 검정 결과를 통해 터치버튼 크기가 1cm와 1.5cm, 1.5cm와 2cm의 차이는 유의하지 않았으며 1cm와 2cm의 차이는 유의한 차이가 있었음을 알 수 있었다(Table 4).

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 TCT는 하단: 1.72s, 중단: 1.63s, 상단: 1.54s로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 34)=33.36, p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해 모든 위치에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있었지만, 터치버튼 크기와 터치스크린 위치의 상호작용 효과는 유의하지 않았다( $F(4, 68)=0.83, p = .51$ ).

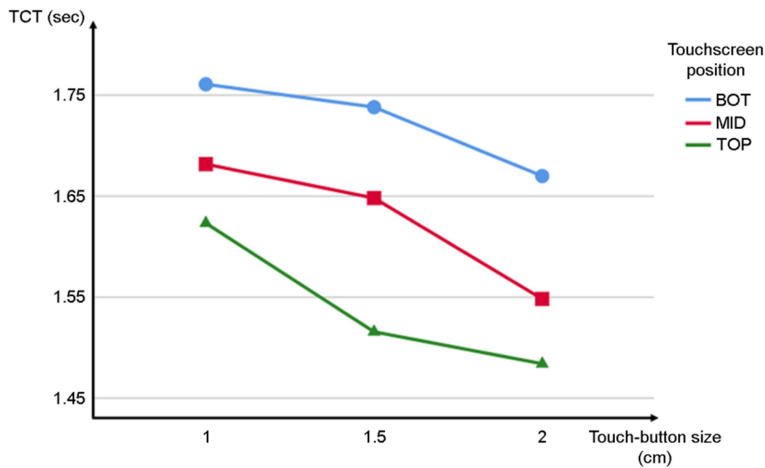


Figure 7. TCT for touch-button size and touchscreen position

Table 4. Bonferroni post-hoc test results for TCT

	Touch-button size		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
TCT (sec)	1cm	1.5cm	0.06
	1cm	2cm	0.12*
	1.5cm	2cm	0.07
	Touchscreen position		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
	BOT	MID	
	BOT	TOP	
	MID	TOP	0.09*

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

## 3.2 Glance behavior

### 3.2.1 Total eye-off-road time (TEORT)

Figure 8는 TEORT에 대한 결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치버튼 크기가 커질수록 TEORT는 1cm: 33.66s, 1.5cm: 31.81s, 2cm: 30.90s로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 32)=6.81, p < 0.05$ ). 사후 검정 결과를 통해본 결과 터치버튼 크기가 1.5cm와 2cm의 차이는 유의하지 않았으며, 1cm와 1.5cm, 1cm와 2cm의 차이는 유의하였음을 알 수 있었다(Table 5).

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 TEORT는 하단: 33.66s, 중단: 31.28s, 상단: 28.43s로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 32)=54.48, p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해본 결과 모든 위치에서 유의한 차이가 있었고, 터치버튼 크기와 터치스크린 위치의 상호작용 효과는 유의하지 않았음을 알 수 있었다( $F(4, 64)=0.16, p = .96$ ).

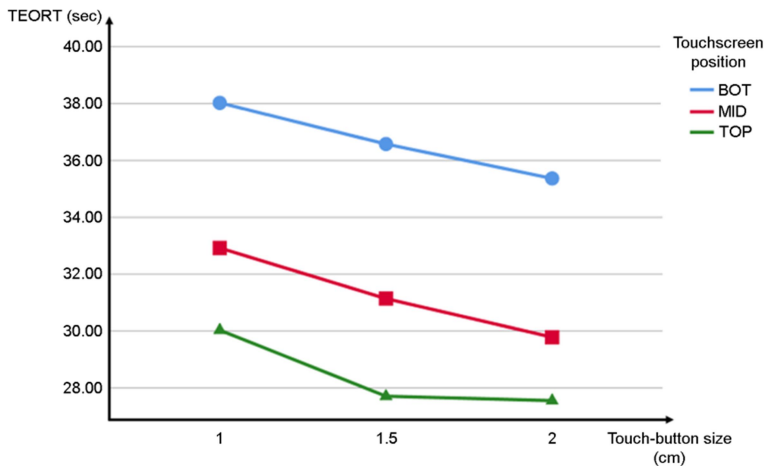


Figure 8. TEORT for touch-button size and touchscreen position

Table 5. Bonferroni post-hoc test results for TEORT

	Touch-button size		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
TEORT (sec)	1cm	1.5cm	1.85*
	1cm	2cm	2.76*
	1.5cm	2cm	0.91
	Touchscreen position		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
	BOT	MID	
	BOT	TOP	
	MID	TOP	2.85***

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

### 3.2.2 Average eye-off-road time (AEORT)

Figure 9은 AEORT에 대한 결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치버튼 크기가 커질수록 AEORT는 1cm: 0.91s, 1.5cm: 0.87s, 2cm: 0.85s로 나타났지만 차이는 유의하지 않았다( $F(2, 32)=3.02, p = .06$ ).

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 AEORT는 하단: 0.93s, 중단: 0.87s, 상단: 0.82s로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 32)=16.74, p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해 모든 위치에서 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다(Table 6). 하지만 터치버튼 크기와 터치스크린 위치의 상호작용 효과는 유의하지 않았다( $F(4, 64)=0.16, p = .96$ ).

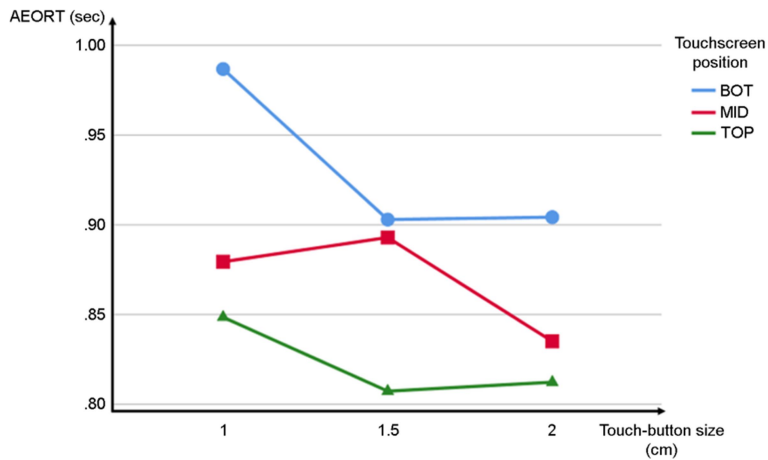


Figure 9. AEORT for touch-button size and touchscreen position

Table 6. Bonferroni post-hoc test results for AEORT

	Touchscreen position		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
AEORT (sec)	BOT	MID	0.06*
	BOT	TOP	0.11***
	MID	TOP	0.05*

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

### 3.2.3 Number of fixation (NF)

Figure 10은 NF에 대한 결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치버튼 크기가 커질수록 NF는 1cm: 2.40번, 1.5cm: 2.13번, 2cm: 1.94번으로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 32)=16.91$ ,  $p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해 모든 터치버튼 크기에서 유의한 차이가 있었음을 알 수 있었다.

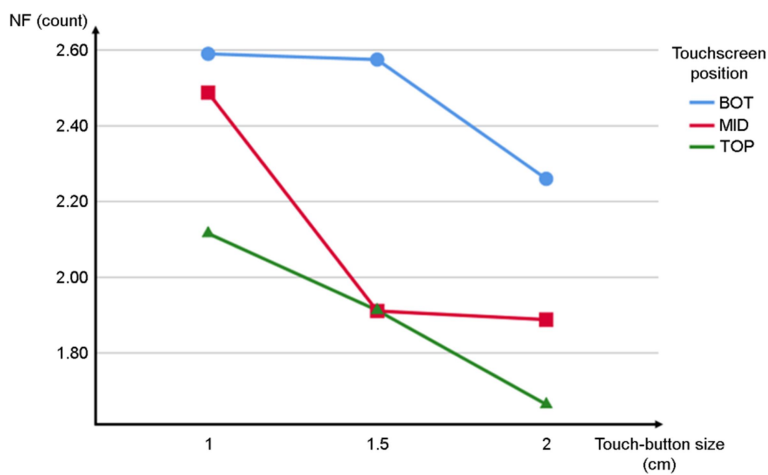


Figure 10. NF for touch-button size and touchscreen position

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 NF는 하단: 2.48번, 중단: 2.10번, 상단: 1.90번으로 나타났으며 유의하게 감소하였다( $F(2, 32)=14.37, p < 0.001$ ). 사후 검정 결과를 통해 모든 위치에서 유의한 차이가 있었음을 알 수 있었다(Table 7). 터치버튼 크기와 터치스크린 위치에 대한 상호작용 효과 또한 유의하게 나타났다( $F(4, 64)=3.04, p < 0.05$ ).

**Table 7.** Bonferroni post-hoc test results for NF

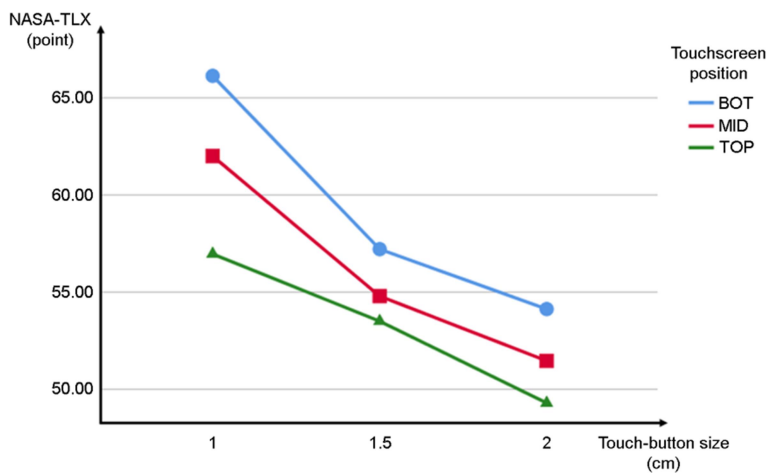
	Touch-button size		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
NF (count)	1cm	1.5cm	0.27*
	1cm	2cm	0.46***
	1.5cm	2cm	0.20**
	Touchscreen position		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
	BOT	MID	0.38*
	BOT	TOP	0.58**
	MID	TOP	0.20*

\*,  $p < 0.05$ , \*\*,  $p < 0.01$ , \*\*\*,  $p < 0.001$

### 3.3 Subjective workload

#### 3.3.1 NASA-TLX

Figure 11는 NASA-TLX 점수에 대한 결과를 그래프로 나타낸 결과이며 터치버튼 크기가 커질수록 NASA-TLX 점수는 1cm: 61.69점, 1.5cm: 55.17점, 2cm: 51.63점으로 유의하게 감소하였다( $F(2, 38)=11.63, p < 0.05$ ). 사후 검정 결과를 통해 터치버튼 크기가 1cm와 1.5cm, 1cm와 2cm 간의 차이는 유의하였으며, 1.5cm와 2cm 간의 차이는 유의하지 않음을 알 수 있었다(Table 8).



**Figure 11.** NASA-TLX for touch-button size and touchscreen position

**Table 8.** Bonferroni post-hoc test results for NASA-TLX

	Touch-button size		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
NASA-TLX (point)	1cm	1.5cm	6.53**
	1cm	2cm	10.07**
	1.5cm	2cm	3.54
	Touchscreen position		Mean difference (A)-(B)
	(A)	(B)	
	BOT	MID	3.07
	BOT	TOP	5.90*
	MID	TOP	2.83

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

터치스크린 위치가 위로 배치될수록 NASA-TLX 점수는 하단: 59.15점, 중단: 56.08점, 상단: 53.25점으로 유의하게 감소하였다( $t(2, 38) = 5.17$ ,  $p < 0.05$ ). 사후 검정 결과를 통해 하단과 상단 간 차이는 유의하였으며, 하단과 중단, 중단과 상단 간 차이는 유의하지 않음을 알 수 있었다. 터치버튼 크기와 터치스크린 위치의 상호작용 효과는 유의하지 않았다( $F(4, 76) = 0.64$ ,  $p = .64$ ).

## 4. Discussion

### 4.1 Touch-button size

버튼 크기가 2cm인 경우 주행 중 터치스크린을 터치할 때 버튼 크기가 1cm, 1.5cm에 비해 과업 수행도는 높았으며, 시선 분산과 주관적 작업부하는 낮았음을 알 수 있었다. 터치버튼 크기가 커질수록 SR은 유의하게 증가하였으며 AEORT를 제외한 나머지 TCT, TEORT, NF, NASA-TLX는 유의하게 감소하였음을 확인하였다. Table 9는 터치버튼 크기에 따른 종속 변수들의 평균 차이를 나타낸 표이다. 1cm 크기의 버튼과 1.5cm 크기의 버튼을 비교한 경우 TCT, AEORT를 제외한 나머지 지표에서 유의하게 차이가 난 것을 확인할 수 있었다. 1cm 크기의 버튼이 배치되어 있는 경우, SR이 50%인 영역이 존재하였고 비주행 과업을 수행하는데 오랜 시간이 걸렸음을 알 수 있었다. 그리고 운전자가 주행 중 전방 주시를 하지 않은 시간이 1.5cm, 2cm 버튼보다 긴 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를

**Table 9.** Mean difference between touch-button sizes

DV	Mean difference	
	1~1.5cm	1.5~2cm
SR	-9.54***	-3.586***
TCT	0.06	0.07
TEORT	1.85*	0.91
AEORT	0.04	0.02
NF	0.27*	0.20**
NASA-TLX	6.53**	3.54

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

통해서 1cm의 버튼 크기는 운전자가 주행 중 터치스크린을 터치할 때 시선 분산을 일으켜 주행안전에 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다.

1.5cm와 2cm 크기의 버튼을 비교해 보았을 때 TCT, TEORT, AEORT, NASA-TLX에서는 의미한 차이가 나타나지 않았다. 즉 주행 중 1.5cm와 2cm의 버튼 크기가 터치스크린에서 나타났을 때 운전자의 주행안전에 미치는 영향은 차이가 없었음을 알 수 있었다. 터치 버튼 크기에 관한 연구 중 7.5mm, 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm의 터치 버튼의 크기를 비교한 기존 연구에서 버튼 크기가 증가하면서 사용성과 주행안전성이 유의하게 증가하였지만, 터치버튼 크기가 17.5mm 보다 큰 경우 유의한 차이가 없다고 하였다(Kim et al., 2014a). 그리고 터치 정확성에 대한 기존 연구에서는 터치버튼 크기가 커질수록 터치 정확성의 정도는 증가하지만 증가하는 정도의 폭은 점점 줄어든다고 밝힌 바 있다(Jin et al., 2007; Liu et al., 2022). 이를 통해 터치버튼 크기의 증가는 운전자의 주행안전에 도움을 주는 것을 알 수 있었지만, 무작정 버튼 크기를 키워 배치하는 것은 비효율적임을 알 수 있었다. 그러므로 버튼 크기가 1cm, 1.5cm, 2cm 중 1.5cm 이상으로 터치 버튼을 배치하는 경우 운전자의 주행안전에 미치는 영향은 차이가 없었고, 1cm로 배치하는 경우 주행안전 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

## 4.2 Touchscreen position

버튼 크기와 상관없이 터치스크린 배치 위치가 상단에 있는 경우 주행 중 운전자가 터치스크린을 터치할 때 하단, 중단에 비해 과업 수행도는 높았으며, 시선 분산과 주관적 작업부하는 낮았음을 알 수 있었다. 특히 하단에 배치된 경우 다른 두 조건 보다 SR을 제외하고 TCT, TEORT, AEORT, NF, NASA-TLX가 높았다. 이는 하단에 배치되어 있을 때 운전자의 주행안전에 영향을 미칠 수 있음을 의미하는 바이다.

Table 10은 터치스크린 위치에 따른 종속 변수들의 평균 차이를 나타낸 표이다. Table 10에서 나타난 바와 같이 터치스크린 위치 중 하단과 중단의 차이가 중단과 상단의 차이보다 더 큰 것을 볼 수 있다. TCT, TEORT, AEORT, NF 결과를 보면 하단에 배치되어 있는 경우 중단과 상단에 배치된 경우보다 과업을 수행하는데 걸리는 오래 걸리고, 전방에서 벗어난 시간이 높으므로 주행하는데 주행 안전에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 터치스크린이 위치가 상단으로 배치될수록 운전자의 시선이 터치스크린에 적게 머물러 시선 분산이 감소하여 주행안전에 덜 영향을 미칠 것임을 알 수 있다.

**Table 10.** Mean difference between touchscreen positions

DV	Mean difference	Mean difference
	BOT - MID	MID - BOT
SR	1.30	0.71
TCT	0.10***	0.09*
TEORT	5.37***	2.85***
AEORT	0.06*	0.05*
NF	0.38*	0.20
NASA-TLX	3.07	2.83

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$

6가지 터치스크린 배치위치에 대한 기존 논문 결과에서 센터페시아 하단에 배치 되어있는 터치스크린의 경우 주행 중 차선을 벗어난 정도, 터치스크린의 터치 반응 시간, 주관적 과부하 점수가 높은 위치라고 하였다(Wittmann et al., 2006). 본 연구 결과를 통해 하단에 배치되어 있을 때 운전자의 주행안전에 영향을 미치는 것은 마찬가지였다. 하지만 배치 위치가 하단에 있다 하더라도 버튼 크기 2cm 인 경우 SR은 93.53%로 상단과 중단보다 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 하단에 배치된 터치스크린을 터치하는 경



우 중단, 상단에 배치한 터치스크린의 버튼 크기보다 버튼을 크게 설계하여 주행안전에 덜 영향을 미치도록 하여야 한다.

## 5. Conclusions and Limitations

### 5.1 Conclusion

본 연구에서는 터치버튼 크기와 터치스크린 위치가 주행안전에 어떤 영향을 미치는지 알아보았다. 연구 결과 터치버튼 크기가 증가하고, 터치스크린이 상단으로 배치될수록 과업을 수행하는 시간, 전방을 벗어난 시선의 시간, 주관적 작업부하 정도 모두 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 아래와 같이 터치버튼 크기와 터치스크린 위치 설계에 대해 추천하는 바이다.

- 터치버튼 크기가 1cm인 경우 터치스크린 위치에 상관없이 터치 성공률이 낮기 때문에 터치버튼 크기 설계 시, 전반적으로 1.5cm 이상으로 설계하는 것이 바람직하다.
- 터치스크린을 하단에 배치할 경우, 시선이 아래로 시선 분산에 많은 영향을 미치기 때문에 터치 버튼의 크기는 운전자의 주행안전 측면이나 사용성 면에서 중요한 설계 요소이다. 실험 결과를 통해서 터치버튼 크기를 2cm로 설계하는 경우 터치 성공률은 99.12%로 다른 8가지 조건보다 성공률이 높게 나타났기 때문에 터치버튼 크기는 2cm로 설계하는 것을 권장한다.

### 5.2 Limitations

본 연구에서는 터치스크린 위치와 터치버튼 크기가 운전자의 주행안전에 어떤 영향을 미치는지에 대한 기여가 있었다. 그럼에도 불구하고 추후 연구에서 추가적으로 고려되어야 하는 점들이 있었다. 첫 번째, 이번 연구에서 차량 주행 과업을 진행하면서 주행 과업 수행도에 관련된 데이터를 수집하지 못하였다. 실제 주행에서 차량의 움직임 또한 안전에 중요한 요소이기 때문에 추후 연구에서 주행 중 터치스크린의 전체 영역을 터치하면서 앞차와의 거리, 차선을 벗어난 정도 등 주행 과업 수행도에 관한 추후 연구가 필요하다. 두 번째, 실험 참여자는 운전면허를 취득한 대학생들을 대상으로 모집하였기 때문에 평균 연령이 대체적으로 낮은 것이 아쉬웠다. 추후 연구에서 다른 연령대의 운전자를 대상으로 실험하여 연령대에 따라 터치스크린 위치나 터치버튼 크기에 대한 선호도가 어떻게 나타나는지 알아볼 필요가 있다. 세 번째, 실제로 터치스크린의 크기는 커지고 있지만 여전히 1cm 크기의 작은 버튼을 터치하여 사용하고 있다. Liu et al. (2022)에 따르면 터치스크린을 터치할 때 멀리 떨어진 영역은 정확하게 터치하기 힘들다고 하였다. 본 연구에 따르면 Figure 5에서 나타난 바와 같이 멀리 떨어진 영역과 운전자와 가까이 있는 영역 또한 터치하기 힘든 부분임을 알 수 있었다. 이를 통해 1cm 크기와 같이 운전자의 주행안전에 영향을 미치는 터치 버튼을 배치하는 경우 어디에 배치해야 운전자의 주행안전에 영향을 덜 미치는지에 대한 추후 연구가 필요하다.

## Acknowledgement

이 논문은 2022년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2022K1A3A1A18080244).

## References

- Auflick, J.L., Resurrecting driver workload metrics: a multivariate approach. *Procedia Manufacturing*, 3, 3160-3167, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.865>.
- Bao, Y., Kiss, M. and Wittmann, M., Effects of age and memory grouping on simulated car driving. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 46, No. 22, pp. 1853-1857). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/154193120204602216> (2002, September).

Colle, H.A. and Hiszem, K.J., Standing at a kiosk: Effects of key size and spacing on touch screen numeric keypad performance

and user preference. *Ergonomics*, 47(13), 1406-1423, 2004. <https://doi.org/10.1080/00140130410001724228>

Fleming, B., Battery switching, driving dynamics, and touch-screen control input [Automotive Electronics]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 5(4), 4-7, 2010. <https://doi.org/10.1109/MVT.2010.939101>.

Feng, F., Liu, Y. and Chen, Y., Effects of quantity and size of buttons of in-vehicle touch screen on drivers' eye glance behavior. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(12), 1105-1118, 2018. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1415688>

Fuller, H., Tsimhoni, O. and Reed, M.P., Effect of in-vehicle touch screen position on driver performance. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* (Vol. 52, No. 23, pp. 1893-1897). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/154193120805202313> (2008, September).

Harvey, C. and Stanton, N.A., Usability evaluation for in-vehicle systems. *Crc Press*, 2013. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

Jin, Z.X., Plocher, T. and Kiff, L., Touch screen user interfaces for older adults: button size and spacing. In *International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction* (pp. 933-941). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-73279-2\\_104](https://doi.org/10.1007/978-3-540-73279-2_104) (2007, July).

Kim, H., Kwon, S., Heo, J., Lee, H. and Chung, M.K., The effect of touch-key size on the usability of In-Vehicle Information Systems and driving safety during simulated driving. *Applied Ergonomics*, 45(3), 379-388, 2014a. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.05.006>.

Kim, J.H., Aulck, L., Thamsuwan, O., Bartha, M.C. and Johnson, P.W., The effect of key size of touch screen virtual keyboards on productivity, usability, and typing biomechanics. *Human Factors*, 56(7), 1235-1248, 2014b. <https://doi.org/10.1177/0018720814531784>.

Lee, S.C., Cha, M.C. and Ji, Y.G., Investigating smartphone touch area with one-handed interaction: Effects of target distance and direction on touch behaviors. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 35(16), 1532-1543, 2019a. <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1554320>.

Lee, S.C., Yoon, S.H. and Ji, Y.G., Modeling task completion time of in-vehicle information systems while driving with keystroke level modeling. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 252-260, 2019b. <https://doi.org/10.1016/j.jergon.2019.06.001>.

Lee, S.C., Yoon, S.H. and Ji, Y.G., Effects of Design Variables of In-Vehicle Touch Interface on Driving Performance, Glance Behavior, and Subjective Workload. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 39(6), 597-615, 2020. <https://doi.org/10.5143/JESK.2020.39.6.597>.

Ma, J., Li, J., Gong, Z. and Yu, J., Impact of in-vehicle touchscreen size on visual demand and usability (No. 2017-01-1984). *SAE Technical Paper*, 2017. <https://doi.org/10.4271/2017-01-19843>.

Ma, J., Ding, Y. and Gong, Z., Impact of Screen Size and Structure of IVIS on Driving Distraction. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 452, No. 4, p. 042154). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/452/4/042154> (2018, December).

Liu, X., Sun, H., Gao, Y., Zhang, W., Ge, Y. and Qu, W., Exploring the performance of click and slide gestures on large in-vehicle touch screens. *Applied Ergonomics*, 99, 103613, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103613>.

Pfauth, M. and Priest, J., Person-computer interface using touch screen devices. *In Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting* (Vol. 25, No. 1, pp. 500-504). Sage CA: Los Angeles, CA: SAGE Publications. <https://doi.org/10.1177/1071181381025001129> (1981, October).

Stewart, T., Overview of motor vehicle crashes in 2020 (Report No. DOT HS 813 266). *National Highway Traffic Safety Administration*. <https://www.nhtsa.gov/risky-driving/distracted-driving> (2022, March).

Wittmann, M., Kiss, M., Gugg, P., Steffen, A., Fink, M., Pöppel, E. and Kamiya, H., Effects of display position of a visual in-vehicle task on simulated driving. *Applied Ergonomics*, 37(2), 187-199, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2005.06.002>.

## Author listings

**Seong Yong Bae:** tjddy0647@gnu.ac.kr

**Highest degree:** BS, Department of Industrial and Systems Engineering, Gyeongsang National University

**Position title:** Master Student, Department of Industrial and Systems Engineering, Gyeongsang National University

**Areas of interest:** UI/UX Design

**Min Chul Cha:** mc.cha@yonsei.ac.kr

**Highest degree:** BS, Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University

**Position title:** Ph.D. Candidate, Department of Information and Industrial Engineering

**Areas of interest:** Human Factors, Ergonomics, Human-computer Interaction, Voice User Interface

**Sol Hee Yoon:** solhee.yoon@seoultech.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University

**Position title:** Assistant Professor, Department of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

**Areas of interest:** Human Factors, UI/UX Design, Transportation Safety

**Seul Chan Lee:** seulchan@gnu.ac.kr

**Highest degree:** PhD, Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University

**Position title:** Assistant Professor, Department of Industrial and Systems Engineering, Gyeongsang National University

**Areas of interest:** Human Factors, Ergonomics, Human-computer Interaction, Human-AI Interaction