

터치키 크기가 운전자 정보 시스템의 사용성과 운전의 안전성에 미치는 영향 분석

김희진 · 권성혁 · 허지윤 · 정민근[†]

포항공과대학교 산업경영공학과

Effect of Touch-key Sizes on Usability of Driver Information Systems and Driving Safety

Heejin Kim · Sunghyuk Kwon · Jiyoong Heo · Min K. Chung

Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784

In recent years, driver information systems (DIS's) became popular and the use of DIS's increased significantly. A majority of DIS's provides touch-screen interfaces because of intuitiveness of the interaction and the flexibility of interface design. In many cases, touch-screen interfaces are mainly manipulated by fingers. In this case, investigating the effect of touch-key sizes on usability is known to be one of the most important research issues, and lots of studies address the effect of touch-key size for mobile devices or kiosks. However, there is few study on DIS's. The importance of touch-key size study for DIS's should be emphasized because it is closely related to safety issues besides usability issues. In this study, we investigated the effect of touch-key sizes of DIS's while simulated driving (0, 50, and 100km/h) considering driving safety (lateral deviation, velocity deviation, total glance time, mean glance time, total time between glances, mean number of glances) and usability of DIS's (task completion time, error rate, subjective preference, NASA TLX) simultaneously. As a result, both of driving safety and usability of DIS's increased as driving speed decreased and touch-key size increased. However, there were no significant differences when touch-key size is larger than a certain level (in this study : 17.5mm).

Keywords: Touch-key Size, Driver Information System, Touch-screen, Target Pointing Task

1. 서론

운전자 정보 시스템은 내비게이션 장치, 멀티미디어 기기는 물론 각종 차량 제어 장치 등을 하나의 시스템으로 통합하여 운전자에게 필요한 모든 정보를 실내 모니터를 통해 파악하고 제어할 수 있도록 해주는 시스템이다(Park *et al.*, 2009). 운전자 정보 시스템은 주로 버튼, 노브(knob)와 같은 물리적 컨트롤, 터치스크린 인터페이스, 음성 인식 시스템(voice recognition system) 등을 통하여 조작된다. 이들 중 터치스크린 인터페이스는 직관적이고 자연스러운 조작방식(Greenstein, 1997; Scott and Conzola, 1997), 유연한 UI 디자인 및 이에 따른 공간활용의 효

율성(Holzinger, 2003; Scott and Conzola, 1997) 등의 장점으로 인해 널리 사용되고 있다.

터치스크린 인터페이스에서 주된 입력 방식은 포인팅 작업이며(Greenstein, 1997; Scott and Conzola, 1997), 손가락을 이용하는 경우가 많다. 손가락을 이용한 포인팅 작업의 경우, 터치키 크기는 사용성 측면에서 중요한 디자인 요소이다(Pfauth and Priest, 1981). 터치키 크기가 작은 경우, 손가락으로 터치키를 가리거나, 촉각적 피드백이 제공되지 않는 문제 등으로 인하여, 작업의 정확도, 작업수행시간, 주관적 만족도와 같은 사용성이 물리적 키패드에 비해 현저하게 감소한다. 반면, 터치키의 크기가 큰 경우 제한된 화면에서 제시될 수 있는 정보량 및

[†] 연락처 : 정민근 교수, 790-784 경북 포항시 남구 효자동 산31 포항공과대학교 산업경영공학과, Tel : 054-279-2192, Fax : 054-279-2870, E-mail : mkc@postech.ac.kr

2010년 8월 25일 접수; 2010년 11월 3일 수정본 접수; 2011년 1월 5일 게재 확정.

터치키 개수가 감소되기 때문에 이 역시 사용성의 저하를 초래할 수 있다. 그러므로 터치키 크기가 사용성에 미치는 영향을 알아보는 것은 터치스크린 인터페이스에 대한 중요한 연구쟁점이며, 주로 키오스크(kiosk)와 같은 비교적 큰 화면(Hall *et al.*, 1988; Martin, 1988; Beringer, 1990; Sears, 1991; Wilson *et al.*, 1995; Scott and Conzola, 1997; Bender, 1999; Colle and Hiszem, 2004)과 모바일 기기와 같은 작은 화면(Parhi *et al.*, 2006; Perry and Hourcade, 2008; Park and Han, 2010)을 대상으로 다수의 연구가 진행되어 왔다.

Colle and Hiszem (2004)는 12.1인치 크기의 키오스크에서 숫자입력작업 시, 터치키 크기가 입력시간, 오류율, 선호도에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 터치키 크기가 증가할수록 입력시간 및 오류율은 감소하고 선호도는 증가하였으나, 너비가 20mm 이상에서는 변화가 없었다. Wilson *et al.*(1995)과 Bender (1999)는 숫자 키패드를 이용하여 4자리 또는 9자리의 숫자를 입력하는 작업에 대한 실험을 수행하였으며, 터치키 크기가 작업 수행도에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 터치키의 너비가 10mm일 때 보다는 30mm일 때가, 14mm일 때 보다는 20mm일 때가 작업 수행도 측면에서 선호되는 것으로 나타났다. Martin(1988)은 숫자 키패드를 이용하여 1~3개의 숫자를 입력하는 작업에서, 터치키 크기가 입력속도와 오류율에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과 4개의 터치키 크기(13mm×13mm, 13mm×6mm, 6mm×13mm, 6mm×6mm) 중 13mm×13mm일 때의 작업 수행도가 가장 좋은 것으로 나타났다. 한편, Parhi *et al.* (2006)은 화면 크기가 작은 모바일 기기에서 엄지손가락으로 숫자입력작업 수행 시, 터치키 크기가 작업완료시간, 에러율, 주관적 만족도에 미치는 영향을 분석하였다. 하나의 숫자를 입력하는 작업과 여러 개의 숫자를 연속적으로 입력하는 작업에 대해 실험을 수행하였으며, 작업 수행도와 주관적 만족도 측면에서 평가하였다. 그 결과는 Colle and Hiszem(2004)와 동일하게 터치키 크기가 증가할수록 작업 수행도와 주관적 만족도가 증가하였으나, 하나의 숫자를 입력하는 경우 9.2mm 이상에서, 여러 개의 숫자를 연속적으로 입력하는 경우 9.6mm 이상에서는 변화가 없었다. 이와 같이 키오스크 또는 모바일 기기에서 터치키 크기가 사용성에 미치는 영향에 대한 연구는 다수 존재하나, 운전자 정보 시스템에서의 관련 연구는 미비하다.

한편, 두 가지 작업을 동시에 수행하는 경우, 일차 작업과 이차 작업 사이의 간섭은 두 작업이 동일한 신체 기능을 사용하는 경우에 그 정도가 더욱 심해 지는데(Brookhuis *et al.*, 1991; Tsimhoni *et al.*, 2004), 운전과 운전자 정보 시스템 조작 역시 동일한 신체 기능, 즉 시각(visual processing), 인지(cognitive processing) 및 운동 기능(motor control)을 사용한다. 따라서, 운전 중 운전자 정보 시스템의 사용은 운전이 필요한 육체적·정신적 노력을 분산시키며, 이에 따라 일차 작업인 운전뿐만 아니라 이차 작업인 운전자 정보 시스템 조작 모두에서 수행도(performance)가 감소한다(Gopher, 1990; Gluckman *et al.*, 1988;

Janelle *et al.*, 1999; Alm and Nilsson, 1995; Horrey *et al.*, 2006; Salvucci, 2001). 이러한 수행도 감소는 교통사고와 같은 심각한 안전 문제를 유발할 수 있다. 따라서 운전자 정보 시스템의 경우는 터치키 크기가 운전자 정보 시스템의 사용성에 미치는 영향뿐만 아니라 운전의 안전성에 미치는 영향도 함께 살펴 보아야 하며, 연구의 중요성 또한 강조되어야 한다.

본 연구에서는 모의 운전작업 수행 시, 터치키 크기가 운전자 정보 시스템의 사용성과 운전의 안전성에 미치는 영향을 알아보았다. 운전자 정보 시스템의 사용성 측면에서는 작업수행시간, 오류율, 주관적 선호도 및 작업부하(NASA TLX)를 측정하였으며, 운전의 안전성 측면에서는 속도 편차, 좌우 편차 및 glance 관련 변수들을 측정하였다.

2. 연구 방법

2.1 실험 참여자

총 30명(남 : 23, 여 : 7)의 대학생 및 대학원생이 실험에 참여하였다. 실험 참여자는 운전 경력이 6개월 이상인 자로 제한하였으며, 실험 전 실험 참여자의 기본 정보에 대한 설문을 수행하였다. 설문 결과, 평균 나이는 27.8세(표준편차 : 3.3세), 평균 교정시력은 좌측 0.99(표준편차 : 0.19), 우측 0.98(표준편차 : 0.22)이었다. 실험 참여자들의 평균 운전 경력은 4.7년(표준편차 : 3.7년), 연간 주행 거리는 평균 10583.3km(표준편차 : 4813.9 km)이며, 주당 평균 차량 운행일은 5.1일(표준편차 : 1.8일)이었다. 실험참여자 중 83.3%(25명)는 운전자 정보 시스템을 소유하고 있었으며, 이들 모두가 터치스크린 인터페이스를 갖추고 있었다. 또한 운전자 정보 시스템을 사용하는 실험 참여자 중 64%(16명)는 주행 중에도 이를 조작하였으며, 그 횟수는 주당 평균 2.6회(표준편차 : 2.2회)였다. 전체 실험 참여자 중 20%(6명)는 본 실험 이전에 모의 운전환경에서 실험을 수행한 경험이 있었으며, 그 횟수는 평균 3.8회(표준편차 : 3.1회)였다. 또한 모든 실험 참여자는 근골격계 및 시각 등 실험과 관련 있는 모든 신체 기능에 문제가 없었다.

2.2 실험 장비

실험은 Windows XP professional을 OS로 하는 컴퓨터, 해상도가 1280×1024pixel인 17인치 터치스크린 기반의 LCD 모니터(dwcom17s, Digital Window Communication), 빔 프로젝터(SONY beam projector), 1.9m×1.4m 크기의 스크린, 운전 핸들 및 페달(Logitech Wingman Formula Force GP, <Figure 1>), 캠코더(삼성 vm-hmx 10a)를 활용하여 수행하였다. 실험 프로토타입은 모의 주행환경 소프트웨어 및 운전자 정보 시스템 소프트웨어로 구성되며, Visual Studio 2005를 이용하여 제작하였다(<Figure 2>).



Figure 1. Driving wheel (Logitech Wingman Formula Force GP)



Figure 2. Experimental environment



Figure 3. Simulated driving software

모의 주행환경은 빔 프로젝터를 통하여 1.9m×1.4m의 스크린에 제시하였다. 도로는 실제 고속도로의 폭을 참고하여 한 차선의 폭이 5m인 3차선 직선도로로 제공하였으며, 실험 참여자는 2차선에서 주행하도록 하였다. 차량의 크기(폭 2146mm, 길이 4856mm) 및 성능은 BMW M5 모델을 참조하여 제작하였

다. 모의 주행환경의 화면구성은 <Figure 3>과 같다. 좌측 상단에는 주행 중 실험 참여자가 입력해야 할 5자리 숫자가 제시되며, 우측 상단에는 현재 실험 참여자가 수행하고 있는 작업의 상태를 D(Driving : 주행 중) 또는 T(Task : 숫자입력작업 수행 중)로 표시하였다. 또한 화면의 하단에는 현재 주행속도를 표시하였다.

운전자 정보 시스템 화면은 17인치 터치스크린 모니터(해상도 1280×1024pixel)에 제시하였다. 모니터의 위치는 현재 생산되고 있는 실제 차량들의 운전자 정보 시스템 위치를 참고하여, 모니터의 중앙이 핸들의 중앙에서 오른쪽으로 35cm, 뒤로 26cm 떨어진 곳으로 정하였다. 화면구성은 <Figure 4>와 같다. <Figure 4>의 ①에는 모의 주행화면 좌측 상단에 나타나는 5자리 숫자를 다시 한번 제시하였으며, <Figure 4>의 ②에는 실험 참여자가 실제로 입력한 숫자를 나타냈다. 숫자 입력부(<Figure 4>의 ③)는 시판되는 운전자 정보 시스템의 화면 크기를 반영하여 가로 153.1mm, 세로 92.0mm(대각선 방향으로 7인치)로 정하였다. 잘못된 입력을 수정하기 위한 backspace 버튼은 화면 우측에 제시하였다(<Figure 4>의 ④).

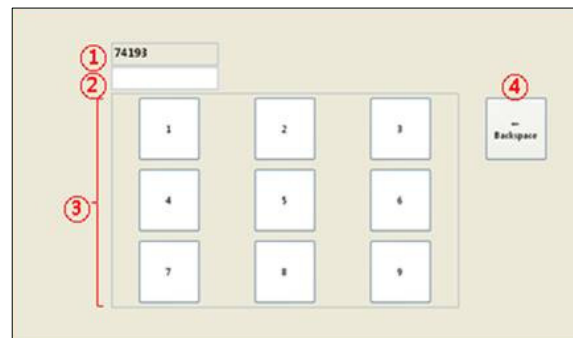


Figure 4. DIS prototype

2.3 실험 계획

본 실험은 2factor(주행속도×터치키 크기) within-subject factorial design을 사용하였다. 실험 조건은 latin square presentation order로 제시하여 순서에 의한 학습효과 및 피로 효과를 최소화하였다.

독립 변수로는 주행속도(3수준)와 터치키 크기(5수준)를 고려하였다. 본 실험에서는 정사각형 모양의 터치키를 사용하였으며, 최소 터치키 크기는 기존의 운전자 정보 시스템들에서 사용하는 최소 터치키 크기(너비)를 포함하는 7.5mm로 정하였다. 최대 터치키 크기는 가장 빠른 속도인 100km/h로 주행하며 숫자입력작업을 수행한 예비 실험 결과를 작업 수행도 측면에서 분석하여, 수행도가 더 이상 증가하지 않는 크기에 여유크기를 더하여 27.5mm로 정하였다. 이를 등간격(5mm)으로 나누어 7.5mm, 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm의 수준을 정하였다. 주행속도의 경우 정지 상태인 0km/h와 고속도로 제한 최고속도인 100km/h, 그리고 이 두 속도의 중간 값인 50km/h의 세

수준으로 정하였다.

종속 변수로는 운전자 정보 시스템 조작 작업의 사용성(Usability of DIS) 측면과 운전의 안전성(Driving safety) 측면을 고려하였다(<Table 1>). 먼저, 작업의 사용성은 작업완료시간(Task completion time), 에러율(Error rate) 측면에서의 작업 수행도와 NASA TLX(Task Load Index), 버튼크기에 대한 선호도(Subjective preference) 측면에서의 주관적 만족도를 측정하였다. 에러율은 <Table 1>에서와 같이 정의된다. 숫자입력작업 완료 후 잘못 입력되어 있는 숫자 수(INF; Incorrect-not-fixed)와 잘못된 입력을 수정한 터치 횟수(IF; Incorrect-fixed)의 합을 전체 터치

횟수로 나눈 값이며, 전체 터치 횟수는 정확히 입력한 터치 횟수(C; correct hit), 숫자입력작업 완료 후 잘못 입력되어 있는 숫자 수(INF; Incorrect-not-fixed), 잘못된 입력을 수정한 터치 횟수(IF; Incorrect-fixed)의 합으로 나타낸다(Soukoreff and MacKenzie, 2003). NASA TLX는 주관적인 작업부하를 평가하는 도구로, 6가지 기준(정신적 요구, 신체적 요구, 시간적 요구, 수행도, 노력, 좌절 수준)에 의거하여 작업부하를 평가하며, 이들의 가중 평균을 통하여 하나의 작업에 대한 전반적인 작업부하를 도출한다. NASA-TLX의 평가기준 및 정의는 <Table 2>과 같다. 운전의 안전성 측면에서는 숫자입력작업 수행 중 차량

Table 1. The definition of dependent variables

Dependent variable			Definition
Usability of DIS	Objective	Task completion time(sec)	Time needed to complete a task
		Error rate	$(INF+IF)/(C+INF+IN)$
	Subjective	Subjective preference(point)	Subjective preferences about the five-sizes of touch-keys
		NASA TLX (point)	Overall workload score based on a weighted average of ratings on six subscales(mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort level, frustration level)
Driving safety	Lateral deviation(mm)		Standard deviation of lateral position of the car which the participants were driving while they performed a task.
	Velocity deviation(km/h)		Standard deviation of velocity of the car which the participants were driving while they performed a task.
	Measures related to glance	Total glance time(sec)	Sum of the durations from the time when the participant's eyes left the road and to the time when the participant's eyes left the display to look back at the road
		Mean glance time(sec)	Average of the durations from the time when the participant's eyes left the road and to the time when the participant's eyes left the display to look back at the road
		Mean time between glances(sec)	Average of the duration from the time when the participant's eyes left the display to the time when the participant's eyes left the road to look back at the display
		Mean number of glances(times)	Average number of glances while they performed a task

Table 2. Subscales and definitions of NASA TLX

Subscale	Extreme point	Definition
Mental Demand	Low/Hjgh	How much mental and perceptual activity was required(thinking, deciding, calculating, remembering, etc.)?
Physical Demand	Low/Hjgh	How much physical activity was required(pushing, pulling, turning, controlling, etc.)?
Temporal Demand	Low/Hjgh	How much time pressure did you feel due to the rate or pace at which the tasks or task elements occurred?
Performance	Perfect/Failure	How successful do you think you were in accomplishing the goals of the tasks set by the experimenter?
Effort level	Low/Hjgh	How hard did you have to work(mentally and physically) to accomplish your level of performance?
Frustration level	Low/Hjgh	How insecure, discouraged, irritated, stressed and annoyed versus secure, gratified, content and relaxed did you feel during the task?

의 속도 편차(Velocity deviation), 좌우 편차(Lateral deviation) 및 glance 관련 변수들을 측정하였다. Glance는 운전자가 도로에서 시선을 땔 때부터 운전자 정보 시스템 조작 후 다시 도로에 시선을 두기 위해 운전자 정보 시스템에서 시선을 땔 때까지로 정의된다(Society of Automotive Engineers, 1999). 이와 관련된 변수들로 5자리 숫자를 1회 입력하는 작업에 대한 총 glance 시간(Total glance time), 평균 glance 시간(Mean glance time), 평균 도로주행시간(Mean time between glances), 평균 glance 횟수(Mean number of glances)를 측정하였다. 각 종속 변수의 정의는 <Table 1>과 같다.

2.4 실험 절차 및 방법

실험은 <Figure 5>와 같이 총 5단계로 진행되었다. 먼저, 실험 참여자들로부터 운전 경력, 시력, 색맹 여부 등 본 실험 관련 정보를 수집 하였으며, 실험 목적 및 내용을 상세히 설명하였다. 이후, 실험 참여자들은 충분한 모의 운전 연습 및 운전자 정보 시스템 조작 연습을 통해 모의 주행환경 및 터치스크린 감도에 적응하였다. 본 실험에서는 먼저 실험 참여자가 각 실험 조건에 제시된 속도로 주행 중, 모의 주행환경 화면의 좌측 상단에 5자리 숫자를 제시하였다. 이 때, 실험 참여자는 제시된 5자리 숫자를 암기하였다. 이는 실제 운전자 정보 시스템 사용 작업에서는 대부분 외부의 정보를 복사(copy)하여 입력하는 것이 아니라 운전자가 필요한 정보를 상기(recall)하여 입력하기 때문이다. 이후, 실험 참여자는 핸들의 Task/Driving 변환 버튼(<Figure 1>)을 눌러 초기 상태인 D 상태(Driving: 주행 중)에서 T 상태(Task: 숫자입력작업 수행 중)로 변환 후, 오른손 검지 손가락을 이용하여 가능한 빠르고 정확하게 5자리 숫자를 입력하였다. 숫자를 잘못 입력하였을 경우, backspace 버튼을 이용하여 수정할 수 있었다. 실험 참여자는 5자리 숫자의 입력을 마친 뒤 다시 Task/Driving 변환 버튼을 눌러 1회 작업을 완료하였다. 즉, 작업완료시간은 처음 Task/Driving 변환 버튼을 눌렀을 때부터 숫자입력작업을 완료한 후 다시 Task/Driving 변환 버튼을 누를 때까지로 정의하였으며, 이는 각 실험 참여자의 로그 파일에 자동으로 저장되었다. Task/Driving 변환 버튼을 누를 때마다 비프음을 제시하였으며, 추후 동영상 분석을 위하여 본 실험을 수행하는 동안 디지털 캠코더를 이용하여 실험 참여자를 촬영하였다. 실험 참여자들은 각 실험 조건(터치키 크기×주행속도)당 9개의 서로 다른 5자리 숫자셋(set)을 입력하였다. 사용된 9개의 숫자셋은 모든 실험 조건에서 동일 하였으며, 각 실험 조건 내에서는 임의의 순서로 제시되었다. 실험 중 실험 참여자가 지켜야 할 지침은 다음과 같다.

1. 주행 및 운전자 정보 시스템 조작 중 차선을 이탈해서는 안 된다(최우선 요건).
2. 가능한 도로의 중앙으로 주행하되, 숫자입력작업을 최대한 빠르고 정확하게 수행한다.

실험 중 실험 참여자가 원하면 언제든지 휴식을 취할 수 있었으며, 각 실험 조건이 종료 된 후 NASA TLX 평가를 수행하였다. 마지막으로 본 실험의 모든 조건이 완료 된 후, 실험 참여자들은 본 실험에서 제시했던 5가지 터치키 크기에 대한 운전자 정보 시스템 레이아웃이 실물 크기로 프린트된 평가지를 보고, 각 터치키 크기에 대한 주관적 선호도를 100점 척도(0점 : 매우 불만족, 50점 : 보통, 100점 : 매우 만족)로 측정하였다.

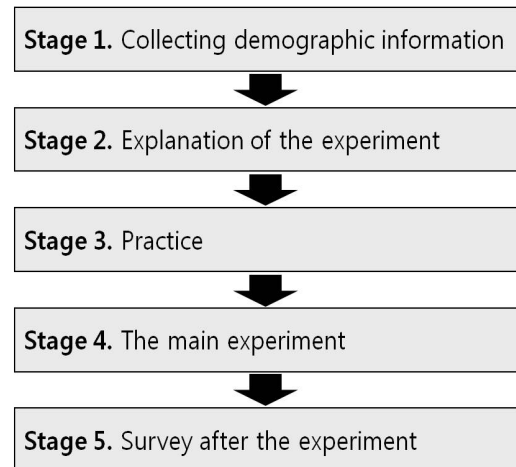


Figure 5. Experimental process

3. 연구 결과

3.1 작업의 사용성

작업의 사용성에 해당하는 종속 변수에 대하여 기초 통계 분석 및 분산분석(ANOVA)를 수행하였으며, 그 결과는 <Table 3>와 같다. 전반적으로 터치키 크기가 커지고, 주행속도가 느려질수록 작업의 사용성이 증가하는 경향을 보였다.

3.1.1 작업완료시간

작업완료시간 산출 시, 에러가 발생한 trial의 데이터는 제외하였으며, 하나의 실험 조건(주행속도×터치키 크기)에서 에러가 발생하지 않은 trial의 평균값에 대하여 분산분석을 수행하였다. 작업완료시간은 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). Student Newman-Keuls(SNK) 분석 결과, 주행속도가 0km/h, 50km/h, 100km/h의 작업완료시간은 각각 3.76초, 5.74초, 6.86초로 주행속도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. <Figure 6>은 터치키 크기에 따른 작업완료시간을 나타내며, SNK 분석 결과 유의한 차이가 없는 경우를 같은 알파벳으로 표시하였다. 터치키 크기의 경우, 7.5mm일 때 작업완료시간은 7.98초로 가장 오래 걸렸으며, 12.5mm일 때는 5.63초로 17.5~27.5mm일 때보다 오래 걸린 것으로 나타났다. 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm일 때는 각각 4.95초, 4.41초, 4.31초가 걸렸으며, 이들 사이에는 유의한 차이가 없었다(<Figure 6>).

Table 3. Mean values for measures of usability of DIS

	Driving speed(km/h)				p-value	7.5	Touch-key size(mm)					p-value
	0	50	100				7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	
Task completion time(sec)	3.76	5.74	6.86	< .0001*	7.98	5.63	4.95	4.41	4.31	< .0001*		
Error rate	0.04	0.04	0.05	0.0753	0.15	0.03	0.01	0.01	0.01	< .0001*		
NASA TLX(point)	25.66	44.00	53.12	< .0001*	59.31	40.09	37.56	34.95	32.73	< .0001*		
Subjective preference(point)	-	-	-	-	6.13	44.04	73.46	75.11	70.57	< .0001*		

* denote a significant difference with $\alpha = 0.05$.

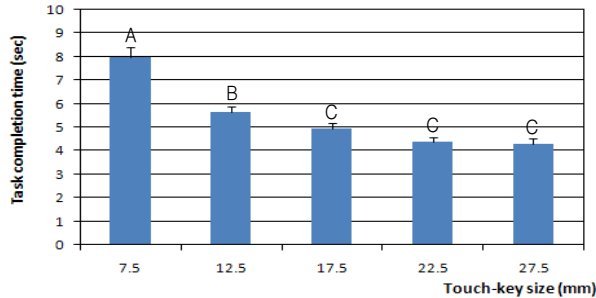


Figure 6. Mean task completion time for touch-key size

3.1.2 에러율

에러율의 경우, 주행속도에 대해서는 유의하지 않았으며, 터치키 크기에 대해서는 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). 터치키 크기에 대하여 SNK 분석을 수행한 결과, 터치키 크기가 커질수록 에러율은 줄어드는 경향을 보였다. 7.5mm일 때의 에러율은 0.15로 가장 큰 것으로 나타났으나, 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm일 때의 에러율은 각각 0.031, 0.011, 0.007, 0.007로 이들 간의 차이는 유의하지 않았다.

주행속도와 터치키 크기 간의 교호작용이 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). 주행속도에 따른 터치키 크기 별 에러율의 분포는 <Figure 7>과 같다. 터치키 크기가 7.5mm일 때, 주행속도가 50km/h와 100km/h 경우에는 유의한 차이가 없었으며, 0km/h일 때의 에러율이 가장 낮았다. 터치키 크기가 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm일 경우, 모든 주행속도에서 에러율은 유의한 차이가 없었다. 주행속도에 따른 에러율의 경우, 모든 주행속도에서 터치키 크기가 7.5mm일 때의 에러율이 가장 높았으며, 나머지 4개의 터치키 크기에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

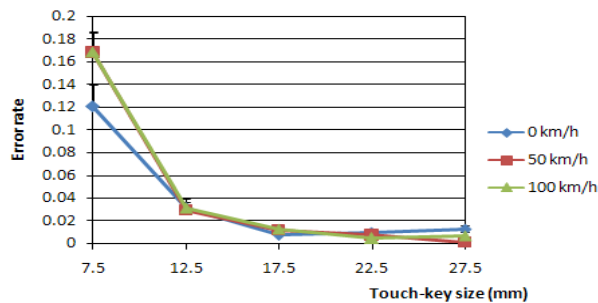


Figure 7. Mean error rate for driving speeds in a given touch-key size

3.1.3 주관적 선호도

주관적 선호도의 경우, 터치키 크기에 대하여 유의한 차이가 나타났으며(유의수준 $\alpha = 0.05$), 터치키 크기가 증가할수록 높아지는 경향을 보였다(<Figure 8>). 터치키 크기가 7.5mm 때의 주관적 선호도는 6.13점으로 가장 낮았으며, 12.5mm일 때는 44.04점으로 그 뒤를 이었다. 터치키 크기가 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm의 주관적 선호도는 각각 73.46점, 75.11점, 70.57점이었으며, 이들 사이에 유의한 차이가 없었다.

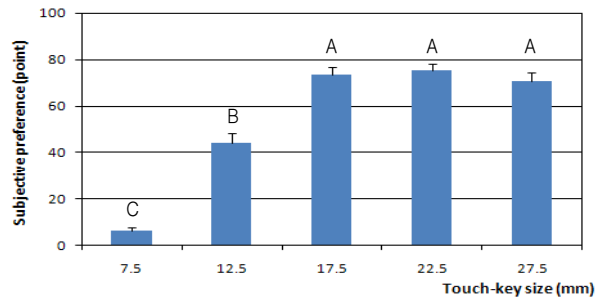


Figure 8. Mean subjective preference for touch-key size

3.1.4 NASA TLX

NASA TLX의 경우, 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 0km/h, 50km/h, 100km/h일 때의 값은 각각 25.66점, 44.00점, 53.12점으로, 주행속도가 증가할수록 작업부하는 유의하게 증가하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 작업부하는 감소하는 것으로 나타났다. 터치키 크기가 7.5mm일 때 59.3점으로 가장 높았으며, 터치키 크기가 각각 12.5mm(40.09점)와 17.5mm(37.56점), 17.5mm(37.56점)와 22.5mm(34.95점), 22.5mm(34.95점)와 27.5mm(32.73점)일 때는 유의한 차이가 없었다(<Figure 9>). 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

6 가지 평가기준(정신적 요구, 신체적 요구, 시간적 요구, 수행도, 노력, 좌절 수준) 별로 추가적인 분석을 수행하였다. 분산분석 결과, 모든 평가기준에서의 작업부하가 주행속도 및 터치키 크기에 대해서 유의하였으며, 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$). 평가기준 별 작업부하 역시 이들의 가중평균(NASA TLX)과 같이 주행속도가 늘어날수록 증가하는 경향이 나타났으며, 터치키 크기가 커질수록 감소하는 경향이 나타났다.

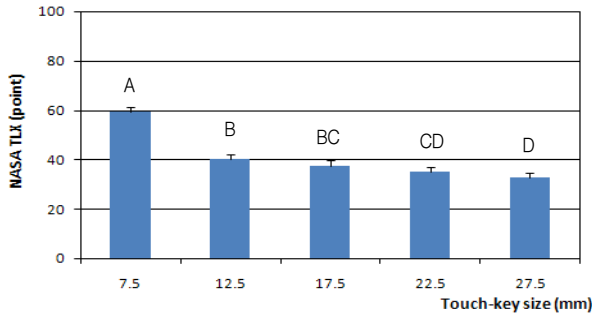


Figure 9. NASA TLX for touch-key size

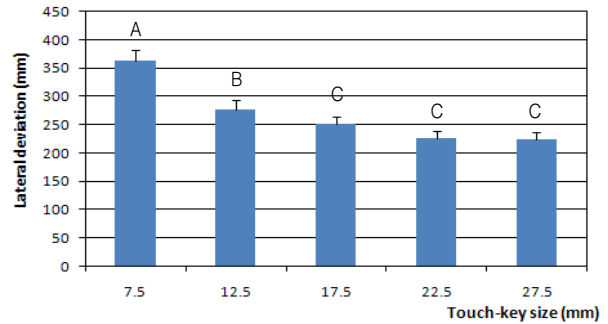


Figure 10. Mean lateral deviation for touch-key size

3.2 운전의 안전성

운전의 안전성에 해당하는 종속 변수는 주행 중일 때만 측정 가능하므로, 정지 상태(주행속도가 0km/h)일 때는 분석에서 제외하였다. 운전의 안전성에 해당하는 종속 변수에 대하여 기초 통계 분석 및 분산분석을 수행하였으며, 그 결과는 <Table 4>와 같다. 이 역시 작업의 사용성과 마찬가지로 터치키 크기가 커지고, 주행속도가 느려질수록 운전의 안전성이 증가하는 경향을 보였다.

3.2.1 좌우 편차

좌우 편차는 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 50km/h, 100 km/h 일 때의 좌우 편차는 각각 215.03mm, 320.98mm로 주행속도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 좌우 편차가 감소하는 것으로 나타났다(<Figure 10>). 터치키 크기가 7.5mm일 때의 좌우 편차는 361.90mm로 가장 컸으며, 12.5mm일 때는 277.64mm로 그 뒤를 이었다. 또한 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm의 좌우 편차는 각각 250.43mm, 226.27mm, 223.77mm였으며, 이들 사이에는 유의한 차이가 없었다. 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

3.2.2 속도 편차

속도 편차는 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 50km/h, 100 km/h 일 때의 속도 편차는 각각 0.90km/h, 1.14km/h로 주행속도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 속도 편차가 감소하는 것으로 나타났다(<Figure 11>). 터치키 크기가 7.5mm일 때의 속도 편차는 1.12km/h로 가장 높았으며, 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm일 때는 각각 0.99 km/h, 0.99km/h, 0.87km/h, 0.73km/h로 이들 사이에는 유의한 차이가 없었다. 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

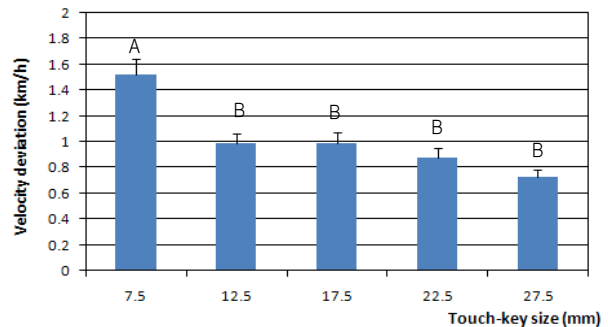


Figure 11. Mean velocity deviation for touch-key size

Table 4. Mean values for measures of Driving safety

	Driving speed(km/h)				Touch-key size(mm)				
	50	100	p-value		7.5	12.5	17.5	22.5	27.5
Lateral deviation(mm)	215.03	320.97	< .0001*	361.90	277.64	250.43	226.27	223.77	< .0001*
Velocity deviation(km/h)	0.90	1.14	0.0018*	1.52	0.99	0.99	0.87	0.73	< .0001*
Total glance time(sec)	3.88	3.91	0.4898	7.58	3.72	3.01	2.69	2.46	< .0001*
Mean glance time(sec)	1.31	1.00	< .0001*	1.19	1.23	1.15	1.16	1.06	0.0282*
Mean time between glances(sec)	0.61	0.72	< .0001*	0.71	0.66	0.68	0.65	0.63	0.0027*
Mean number of glances(times)	3.47	4.32	< .0001*	7.00	3.56	3.17	2.84	2.89	< .0001*

* denote a significant difference with $\alpha = 0.05$, no interaction was significant.

3.2.3 Glance

(1) 총 glance 시간

총 glance 시간은 주행속도에 대하여 유의하지 않았으며, 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). 터치키 크기가 커질수록 총 glance 시간은 감소하였다(<Figure 12>). 터치키 크기가 7.5mm일 때의 총 glance 시간은 7.58초로 가장 컸으며, 12.5mm일 때는 3.72초로 그 뒤를 이었다. 터치키 크기가 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm일 때의 총 glance 시간은 각각 3.01초, 2.69초, 2.46초였으며, 이들 사이에는 유의한 차이가 없었다. 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

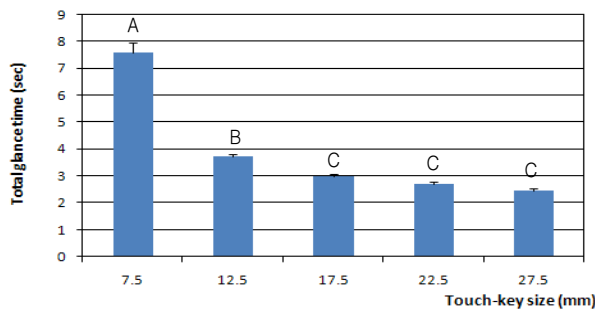


Figure 12. Total glance time for touch-key size

(2) 평균 glance 시간

평균 glance 시간은 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 50 km/h, 100km/h일 때의 평균 glance 시간은 각각 1.31초, 1.00초로, 주행속도가 증가할수록 유의하게 감소하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 평균 glance 시간은 소폭 감소하는 경향을 보였다($p = 0.0282$). 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

(3) 평균 도로주시시간

평균 도로주시시간은 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 50 km/h, 100km/h일 때의 평균 도로주시시간은 각각 0.61초, 0.72초로, 주행속도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 평균 도로주시시간은 소폭 감소하는 경향을 보였다($p = 0.0027$). 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

(4) 평균 glance 횟수

평균 glance 횟수는 주행속도 및 터치키 크기에 대하여 유의하였다(유의수준 $\alpha = 0.05$). SNK 분석 결과, 주행속도가 50km/h, 100km/h일 때의 평균 glance 횟수는 각각 3.47회, 4.32회로, 주행속도가 증가할수록 유의하게 증가하였다. 또한 터치키 크기가 커질수록 평균 glance 횟수는 감소하는 것으로 나타났다

(<Figure 13>). 터치키 크기가 7.5mm일 때는 7.00회로 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 12.5mm, 17.5mm, 22.5mm, 27.5mm일 때의 평균 glance 횟수는 각각 3.56회, 3.17회, 2.84회, 2.89회로 감소하는 경향을 보였으나, 이들 사이에 유의한 차이는 없었다. 한편, 주행속도 및 터치키 크기의 교호작용은 유의하지 않았다(유의수준 $\alpha = 0.05$).

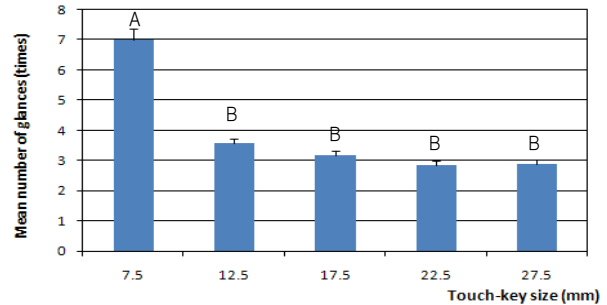


Figure 13. Mean number of glances for touch-key size

4. 토의

전반적으로 작업의 사용성 및 운전의 안전성은 주행속도가 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으며, 터치키 크기가 증가할수록 증가하는 경향을 보였다.

작업완료시간은 터치키 크기가 증가할수록 감소하였다. 이러한 현상은 Fitts' law(Fitts, 1954)로 설명할 수 있다. 본 연구의 실험환경에서는 핸들과 운전자 정보 시스템 사이의 거리가 일정하기 때문에 터치키 크기가 증가함에 따라 Fitt's law의 ID (index of difficulty)가 감소한다. 따라서 터치키를 누르는데 소요되는 시간 역시 감소하며, 이는 기존 연구 결과들과 동일하다(Colle and Hiszem, 2004; Parhi *et al.*, 2006). 한편, 터치키 크기가 17.5mm 이상일 때는 작업완료시간의 변화가 없었다. 이는 17.5mm 이상의 터치키 크기에서는, 사용자가 터치키 크기가 증가할수록 더 빠르게 선택하는 것이 아니라 주어진 터치키 크기를 일부만 사용(under utilize)하였기 때문에 작업완료시간에 변화가 없는 것으로 판단된다.

Glance에 대한 분석 결과, 평균 도로주시시간은 속도가 증가함에 따라 0.61초에서 0.72초로 유의하게 증가하였으나, 평균 glance 시간은 1.31초에서 1.00초로 오히려 유의하게 감소하였다. 이는 주행속도가 증가함에 따라 작업을 시작하기 전 차량을 도로 중앙에 위치시키는 준비 시간이 길어졌으며, 운전자 정보 시스템 조작을 위해 도로에서 시선을 땔 경우 운행 방향이 변경되거나 차선을 이탈할 가능성이 높아지므로, 1회 glance 시간을 줄이는 대신, 도로와 운전자 정보 시스템을 여러 번 번갈아 주시(50 km/h : 3.47회, 100 km/h : 4.31회, $p < .0001$)하여 작업을 완료하는 경향을 나타낸다. 한편, 속도가 증가함에 따라 평균 glance 시간은 감소하였지만 평균 glance 횟수가 증가하였으므로, 총 glance 시간에는 유의한 차이가 없었다. 반면, 평균

도로주시시간 및 평균 glance 횟수 모두 속도가 증가함에 따라 증가하였으므로, 총 도로주시시간(평균 도로주시시간×평균 glance 횟수)은 50km/h일 때 2.67초, 100km/h일 때 3.93초로 속도가 증가함에 따라 약 47% 가량의 시간이 유의하게 증가하였다. 이러한 속도 증가에 따른 총 도로주시시간의 증가가 작업 완료시간의 증가를 야기하였다고 판단되며, 이는 Tsimhoni *et al.*(2004)의 연구 결과와 일치한다.

터치키 크기가 증가함에 따라 숫자를 입력하는 패턴에도 변화가 있었다. 터치키 크기가 클 경우, 평균 glance 횟수는 약 3회로 한번의 glance로 평균 1개 이상의 숫자를 연속적으로 입력한다는 것을 알 수 있다. 반면, 터치키 크기가 가장 작은 경우의 평균 glance 횟수는 약 7회로 한번의 glance에 하나의 숫자도 입력하지 못하고 다시 운전작업으로 전환하는 경우가 발생하거나, 1개 또는 그 이상의 숫자를 입력하더라도 잘못 입력하는 경우(에러)가 발생한다는 것을 알 수 있다.

한편, 터치키 크기가 7.5mm일 때에는 주행 시의 에러율이 주행하지 않을 때의 에러율 보다 유의하게 높았다. Fitts' law에 따르면 터치키 크기가 작을수록 터치키를 제대로 선택하기 위해서는 더 많은 시간이 필요하다. 그러나 주행 시에는 안전 운행에 많은 주의를 기울이기 때문에 7.5mm의 작은 터치키를 선택하는데 충분한 시간을 할애하지 못한다. 그러므로 주행하지 않을 때의 에러율 보다 주행 시의 에러율이 더 높아진 것으로 판단된다.

NASA TLX에서 평가기준 별 작업부하의 경우, '노력(50.03점)' 측면에서의 작업부하가 가장 높았으며, '좌절 수준(26.96점)' 및 '수행도(29.44점)' 측면에서의 작업부하가 가장 낮았다. 이러한 경향은 터치키 크기 및 주행속도와 관계없이 전반적으로 유사하였다. 본 실험에서는 실험 참여자들이 동일한 신체 기능을 사용하는 운전작업과 운전자 정보 시스템 조작 작업을 동시에 수행하며, 작업의 사용성과 운전의 안전성 모두를 최대한 높이도록 하였다. 이러한 지침을 동시에 준수하기 위하여 실험 참여자들이 자신의 신체적 기능 및 시각, 인지 기능을 최대한으로 활용하였으며, 이를 위하여 노력한 것이 전체 작업부하 중 큰 부분으로 작용한 것으로 보인다. 한편, 실험 task의 경우, 동시 작업으로 인한 작업부하가 있기는 하나, task 자체는 비교적 단순하고 쉽기 때문에 '좌절'에 의한 작업부하가 낮은 것으로 판단되며, 실험 참여자들이 전반적으로 스스로의 '수행도'에 대해 만족감을 느끼는 것으로 나타났다.

좌우 편차의 경우, 주행속도가 증가하거나 터치키 크기가 감소하는 등 작업의 난이도가 증가함에 따라 증가하였으며, 이는 기존의 연구 결과들과 일치한다(Tsimhoni *et al.*, 2004; Brumby *et al.*, 2009). 분석 결과, 좌우 편차는 총 glance 시간과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 터치키 크기가 증가할수록 좌우 편차는 감소하였으며, 총 glance 시간 역시 감소하였다. Glance 시간 동안에는 도로를 주시하거나 운행 방향 조정이 불가능하기 때문에, 총 glance 시간이 증가할수록 좌우 편차가 증가하는 것으로 판단된다. 한편, 주행속도가 증가할수록

좌우 편차는 증가하였으나, 총 glance 시간에는 유의한 차이가 없었다. 이는, 같은 glance 시간 동안이라도 주행속도가 증가할수록 더 많은 편차가 발생하기 때문인 것으로 판단된다.

본 연구의 실험 결과를 바탕으로, 사용성 및 안전성을 일정 수준 이상 보장하는 범위 내에서 가장 작은 터치키 크기인 적정 터치키 크기를 도출해 보았다. 이를 위해 키오스크와 같은 비교적 큰 화면(Martin, 1988; Wilson *et al.*, 1995; Scott and Conzola, 1997; Bender, 1999; Colle and Hiszem, 2004) 및 모바일 기기와 같은 작은 화면(Parhi *et al.*, 2006; Perry and Hourcade, 2008; Park and Han, 2010)을 대상으로 한 기존 연구에서와 유사한 방법을 사용하였다. 즉, 터치키 크기를 다양하게 변화시키면서 작업 수행시간, 오류율 등의 사용성 측정치가 변화하는 추이를 관찰하고, 사용성이 더 이상 증가하지 않는 터치키 크기를 충분한 터치키 크기라 판단하여 이를 적정 터치키 크기로 정하는 방법(Beaton and Weiman, 1984; Martin, 1988; Wilson *et al.*, 1995; Bender 1999; Sears and Shneiderman, 1991; Colle and Hiszem, 2004; Parhi *et al.*, 2006)을 사용하였다. 본 연구에서는 운전자 정보 시스템 조작 작업의 사용성 뿐만 아니라 운전의 안전성도 고려하여, 이들 모두를 최대화시키는 최소 크기를 적정 터치키 크기로 정하였다. 이 경우 작업의 사용성과 운전의 안전성에 해당하는 개별 종속 변수들에서의 적정 터치키 크기를 도출한 후, 이들 중 가장 큰 값을 적정 터치키 크기로 정하는 것이 바람직하다. 개별 종속 변수들에서 도출된 적정 터치키 크기들 중 가장 큰 값을 선택하지 않을 경우, 도출된 적정 터치키 크기는 일부 개별 종속 변수들의 기준에서는 사용성 또는 안전성을 일정 수준 이상 보장하는 충분한 크기가 아니기 때문이다.

작업의 사용성의 경우, 작업완료시간과 주관적 선호도 측면에서는 17.5mm가, 에러율 측면에서는 12.5mm가 적정 터치키 크기인 것으로 나타났다. 운전의 안전성의 경우, 좌우 편차 및 총 glance 시간 측면에서는 17.5mm가, 속도 편차 및 평균 glance 횟수 측면에서는 12.5mm가 적정 터치키 크기인 것으로 나타났다. 따라서 작업의 사용성 및 운전의 안정성을 모두 고려한 적정 터치키 크기는 17.5mm이다.

그러나 위와 같은 도출 방법의 경우, 실험 조건 내에서의 상대적인 사용성 및 안전성을 기준으로 적정 터치키 크기를 도출하였으므로, 이러한 방법을 통하여 도출된 터치키 크기는 사용성 또는 안전성에 대한 절대적인 기준을 충족시키지 못할 수 있다. 예를 들어, 도로의 폭을 고려하여 안전 운전을 위해 최대 350mm(<Figure 14>의 기준 1)의 좌우 편차가 허용되는 경우를 생각해 보자. 이 경우 상대적인 사용성 및 안전성을 기준으로 앞서 도출한 17.5mm에서의 좌우 편차가 350mm 이하이므로, 17.5mm는 절대적인 안전 기준(좌우 편차 350mm 이하) 또한 충족시킨다. 그러므로 상대적인 기준과 절대적인 기준 모두를 만족시키는 17.5mm를 적정 터치키 크기로 제시하는 것은 적절하다. 그러나 도로의 폭이 좁아 허용 가능한 최대 좌우 편차가 150mm(<Figure 14>의 기준 2)인 경우를 생각해 보

자. 이 경우, 모든 실험 조건에서의 좌우 편차가 150 mm를 초과하므로 모든 터치키 크기에서 절대적인 안전 기준(좌우 편차 150mm 이하)을 충족시킬 수 없다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 작업의 사용성 또는 운전의 안전성 측면에서 절대적인 기준이 있는 경우에는, 상대적인 기준뿐만 아니라 절대적인 기준도 함께 고려하여 적정 터치키 크기를 도출해야 한다. 다시 말해, 사용성 및 안전성 측면에서 절대적인 기준이 있는 경우, 운전자 정보 시스템 조작 작업의 사용성과 운전의 안전성 모두를 최대화시키는 최소 터치키 크기를 적정 터치키 크기로 정하는 기존의 방법과 더불어, 이를 통해 도출된 적정 터치키 크기가 절대적인 기준을 충족시키는지 여부도 살펴보아야 한다. 또한 상대적인 기준을 통해 도출된 터치키 크기가 절대적인 기준을 충족시키지 못할 때에는, 연구에서 다룬 터치키 크기보다 더 큰 터치키 크기에 대한 추가적인 연구를 수행하거나, 절대적인 기준을 충족시키지 못하는 해당 주행환경에 한하여 운전자 정보 시스템 조작 자체를 불가능하게 하는 등의 조치를 취해야 할 것이다.

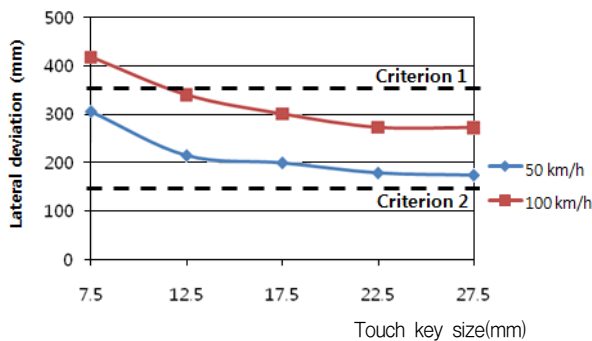


Figure 14. Lateral deviation for driving speeds in a given touch-key size

본 연구는 주행 중 운전자 정보 시스템 사용 시, 터치키 크기가 운전자 정보 시스템 조작 작업의 사용성과 운전의 안전성에 미치는 영향을 알아 보았으며, 운전자 정보 시스템 조작의 사용성뿐만 아니라 운전의 안전성을 모두 고려하여 적정 터치키 크기를 도출하였는데 그 의의가 있다. 그러나 본 연구는 운전자 정보 시스템 사용 환경의 특성 상 안전상의 이유로 기존 연구들에서와 같이 실제 주행환경이 아닌 모의 운전환경에서 실험을 수행하였다(Tsimhoni et al., 2004; Sodnik et al., 2008; Drews et al., 2009; Hosking et al., 2009). 그러므로 모의 운전환경에서의 실험으로 도출된 터치키 크기의 효과 및 적정 터치키 크기를 실제 운전환경에 그대로 적용시키기에는 무리가 있다. 또한 본 연구에서 사용한 모의 주행환경 소프트웨어는 운전작업의 난이도가 비교적 낮은, 주변에 차가 없는 직선형태의 고속도로 환경이었다. 이점 역시 실제 주행환경과 보다 유사한 환경을 조성하기 위한 보완이 필요할 것이다. 그러나 이와 같은 한계점에도 불구하고 모의 운전환경에서의 실험을 통해 도출된 터치키 크기의 효과는 운전환경 및 운전자 정보 시

스템 조작의 난이도가 변화함에 따라 그 크기가 변화하는 추이를 파악할 수 있는 중요한 자료로 사용될 수 있을 것이다. 또한 본 연구 결과는 난이도가 비교적 낮은 주행환경에서 얻어낸 것이므로, 도출된 적정 터치키 크기는 실제 주행환경에서의 터치키 크기의 최저 기준치로 사용될 수 있을 것이다. 현재 국내에서 많은 사람들이 사용하는 S사, I사, M사의 운전자 정보 시스템에서도 12~14mm의 버튼이 존재하는 현재 상황을 감안할 때, 본 연구에서 제시한 터치키 크기의 최저 기준치도 큰 의미가 있다. 또한 본 연구에서는 고려하지 못한 진동, 소음 및 도로의 형태 등 실제 주행환경과 더욱 유사한 실험환경을 조성한다면, 연구를 통해 도출된 적정 터치키 크기가 실제 상황에서의 적정 터치키 크기에 더욱 근접할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 모의 운전작업 수행 시, 터치키 크기가 운전자 정보 시스템 조작 작업의 사용성과 운전의 안전성에 미치는 영향을 알아보고, 이를 바탕으로 적정 터치키 크기를 도출해 보았다. 그 결과, 작업의 사용성 및 운전의 안전성은 주행속도가 증가함에 따라 감소하는 경향이 나타났으며, 터치키 크기가 증가할수록 증가하는 경향이 나타났다. 그러나 터치키 크기가 일정 수준 이상일 때에는 작업의 사용성 및 운전의 안전성에 유의한 차이가 없었다.

본 연구는 주행 중 운전자 정보 시스템 사용 시, 터치키 크기가 작업의 사용성과 운전의 안전성에 미치는 영향에 대해서 알아보고, 이를 바탕으로 적정 터치키 크기를 도출하였으며, 실제 운전환경에서 사용할 수 있는 최저 기준치를 제시하였는데 그 의의가 있다. 그러나 본 연구에서는 운전의 난이도가 비교적 낮은 직선형태의 고속도로만을 고려하였으며, 실제 운전환경이 아닌 모의 주행환경에서 실험을 수행하였으므로, 본 연구에서 기술한 모든 정량적 데이터 및 도출된 적정 터치키 크기를 실제 주행환경 그대로 적용하기에는 무리가 있을 것이다. 그러므로 본 연구 결과는 터치키 크기가 변화함에 따라 작업의 사용성과 운전의 안전성이 변화하는 경향을 파악하는 정도로 사용해야 하며, 도출된 적정 터치키 크기 역시 실제 운전환경에 그대로 적용하기에는 무리가 있으므로 다양한 형태의 도로 및 주행환경 등을 포함하여 실제 주행환경과 유사한 실험환경에서의 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- Alm, H. and Nilsson, L. (1995), The effects of a mobile telephone task on driver behavior in a car following situation, *Accident Analysis and Prevention*, 27(5), 707-715.
- Beaton, R. J. and Weiman, N. (1984), Effects of touch key size and separation on menu-selection accuracy, Tektronix Technical Report TR 500-01, Tektronix Corporate Library 50-510, Portland, Oregon,

- USA.
- Bender, G. T. (1999), Touch screen performance as a function of the duration of auditory feedback and target size, Ph. D. dissertation Wichita State University, Kansas, USA.
- Berlinger, D. B. (1990), Target size, location, sampling point and instructional set : more effects on touch panel operation, *Proceedings of the Human Factors Society 34th Annual Meeting* (SantaMonica, CA : Human Factors and Ergonomics Society), 375-379.
- Brookhuis, K. A., de Vries, G. and de Waard, D. (1991), The effects of mobile telephoning on driving performance, *Accident Analysis and Prevention*, **23**(4), 309-316.
- Brumby, D. P., Salvucci, D. D. and Howes, A. (2009), Focus on driving : how cognitive constraints shape the adaptation of strategy when dialing while driving, *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, 1629-1638.
- Colle, H. A. and Hiszem, K. J. (2004), Standing at a kiosk : Effects of key size and spacing on touch screen numeric keypad performance and user preference, *Ergonomics*, **47**, 1406-1423.
- Drews, F. A., Yazdani, H., Godfrey, C. N., Cooper, J. M., and Strayer, D. L. (2009), Text messaging during simulated driving, *Human Factors*, **51**(5), 762-770.
- Fitts, P. M. (1954), The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement, *Journal of Experimental Psychology*, **47**(6), 381-391.
- Gluckman, J. P., Dember, W. N. and Warm, J. S. (1988), Capacity demand in dual-task monitoring of simultaneous and successive vigilance tasks, *Proceedings of Human Factors Society 32nd Annual Meeting* (Anaheim, California, Human Factors Society), 1463-1465.
- Gopher, G. (1990), Attentional allocation in dual task environments, *Attention and Performance III*(Amsterdam : Elsevier).
- Greenstein, J. S. (1997), Pointing devices. In : M. Helander, T. K. Landauer and P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction*, 2nd ed., Elsevier Science B. V., Amsterdam.
- Hall, A. D., Cunningham, J. B., Roache, R. P., and Cox, J. W. (1988), Factors affecting performance using touch entry systems : Tactual recognition fields and system accuracy, *Journal of Applied Psychology*, **73**, 711-720.
- Holzinger, A. (2003), Finger instead of mouse : Touch screens as a means of enhancing universal access, *Lecture Notes in Computer Science*, **2615**, 387-397.
- Horrey, W. J., Wickens, C. D., and Consalus, K. P. (2006), Modeling drivers' visual attention allocation while interacting with in-vehicle technologies, *Journal of Experimental Psychology : Applied*, **12**(2), 67-78.
- Hosking, S. G., Young, K. L., and Regan, M. A. (2009), The effects of text messaging on young drivers, *Human Factors*, **51**(4), 582-592.
- Janelle, C. M., Singer, R. N., and Williams, A. M. (1999), External distraction and attentional narrowing : visual search evidence, *Journal of Sport and Exercise Psychology*, **21**, 70-91.
- Martin, G. L. (1988), Configuring a numeric keypad for a touch screen, *Ergonomics*, **31**(6), 945-953.
- Parhi, P., Karlson, A. K., and Benderson, B. B. (2006), Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices, *MobileHCI 2006*, 203-210.
- Park, Y. S. and Han, S. H. (2010), Touch key design for one-handed thumb interaction with a mobile phone: Effects of touch key size and touch key location, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **40**(1), 68-76.
- Park, Y. S., Han, S. H., Park, W., and Cho, Y. (2009), Developing User Interface Metaphors for Driver Information Systems, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, **28**(2), 57-67.
- Perry, K. B. and Hourcade, J. P. (2008), Evaluating one handed thumb tapping on mobile touchscreen devices, *Proceedings of Graphics Interface 2008*, 57-64.
- Pfauth, M. and Priest, J. (1981), Person-computer interface using touch screen devices, *Proceedings of the Human Factors Society 25th Annual Meeting* (SantaMonica, CA : Human Factors and Ergonomics Society), 500-504.
- Salvucci, D. D. (2001), Predicting the effects of in-car interface use on driver performance : An integrated model approach, *International Journal of Human-Computer Studies*, **55**, 85-107.
- Scott, B. and Conzola, V. (1997), Designing touch screen numeric keypads: effects of finger size, key size, and key spacing, *Proceedings of the Human Factors Society 41st Annual Meeting* (SantaMonica, CA : Human Factors and Ergonomics Society), 360-364.
- Sears, A. (1991), Improving touchscreen keyboards: Design issues and a comparison with other devices, *Interacting with Computers*, **3**(3), 253-269.
- Sears, A. and Shneiderman, B. (1991), High precision touchscreens : design strategies and comparisons with a mouse, *International Journal of Man-Machine Studies*, **34**(4), 593-613.
- Society of Automotive Engineers (1999), Definitions and experimental measures related to the specification of driver visual behavior using video based techniques (SAE Recommended Practice J2396), Warrendale, PA : Society of Automotive Engineers.
- Sodnik, J., Dicke, C., Tomažič, S., and Billinghamurst, M. (2008), A user study of auditory versus visual interfaces for use while driving, *International Journal of Human Computer Studies*, **66**(5), 318-332.
- Soukoreff, R. W. and MacKenzie, I. S. (2003), Metrics for text entry research : An evaluation of MSD and KSPC, and a new unified error metric, *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing systems-CHI 2003*, 113-120.
- Tsimhoni, O., Smith, D., and Green, P. (2004), Address entry while driving: Speech recognition versus a touch-screen keyboard, *Human Factors*, **46**(4), 600-610.
- Wilson, K. S., Inderrieden, M., and Liu, S. (1995), A comparison of five user interface devices designed for point-of-sale in the retail industry, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting* (SantaMonica, CA : Human Factors and Ergonomics Society), 273-277.